N° 35. Nov. 1917.
18e Numéro spécial : 1f 7

LA SCIENCE ET LA VIE

Source gallica.bnf.fr / BDIC (Bibliothèque de documentation internationale contemporaine)

(Cl. Manuel.)

M. PAUL PAINLEVÉ

Président du Conseil des ministres et ministre de la Guerre (14 septembre 1917).

N° 35. **SOMMAIRE** Tome XII.

(OCTOBRE-NOVEMBRE 1917)

Les grands trusts américains .. .. — Firmin Roz 387
Chef de service au Ministère des Affaires étrangères.

La cinématographie sous-marine .. .. — Yves Le Galloudec. 397

La réfection des routes en vue de la circulation automobile .. .. — Paul Meyan 407

Les bateaux en ciment armé .. .. — Charles Vireton 417
Ingén. des Arts et Manufactures.

La production et la consommation de l'or et de l'argent .. .. — D. Beauvilliers.. 427
Ingénieur civil des Mines.

Quelques solutions mécaniques du problème de la résistance de l'air.. .. .. — Georges Houard 439

Comment les voyageurs sont chauffés en chemin de fer .. .. — P. Mongillaud 451
Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Les bons charbons font le bon gaz .. .. — Ch. de Sucy 461
Ingén. de compagnies gazières.

La qualité de l'acier améliorée par l'incorporation de divers métaux spéciaux.. .. .. — Gustave Courtelin.. 471
Ancien maître de forges.

Une simple empreinte digitale sert à identifier les marins américains .. .. — René Maistre 479

La « sonde à signal » suédoise pour la recherche des mines sous-marines ennemies.. .. .. .. — Clément Casciani 485

La mécanique américaine imposera-t-elle les roulements à rouleaux ?.. .. .. — Jean Durbourg.. 489
Ingénieur-Constructeur.

La bataille des Flandres se poursuit à l'avantage des Alliés 499

Sur les fronts orientaux 503

Lutte de géants sur le front italien 507

Les combats sont aussi opiniâtres dans les airs que sur terre 509

Les événements de mer 511

Les torpilles liées convergentes .. .. — Auguste Ranty.. 513

Une scie électrique pour abattre et débiter les arbres.. .. .. — Louis Ruef 517

Quelques balles de fusil plus bizarres que pratiques .. .. — Constant Riblain 519

Le nouveau sous-marin espagnol « Isaac-Péral ».. — Jules de Valprey 525

Les phases multiples de la fabrication du sucre. — Germain de Valbon 531

La torpille-canon Cleland Davis 549

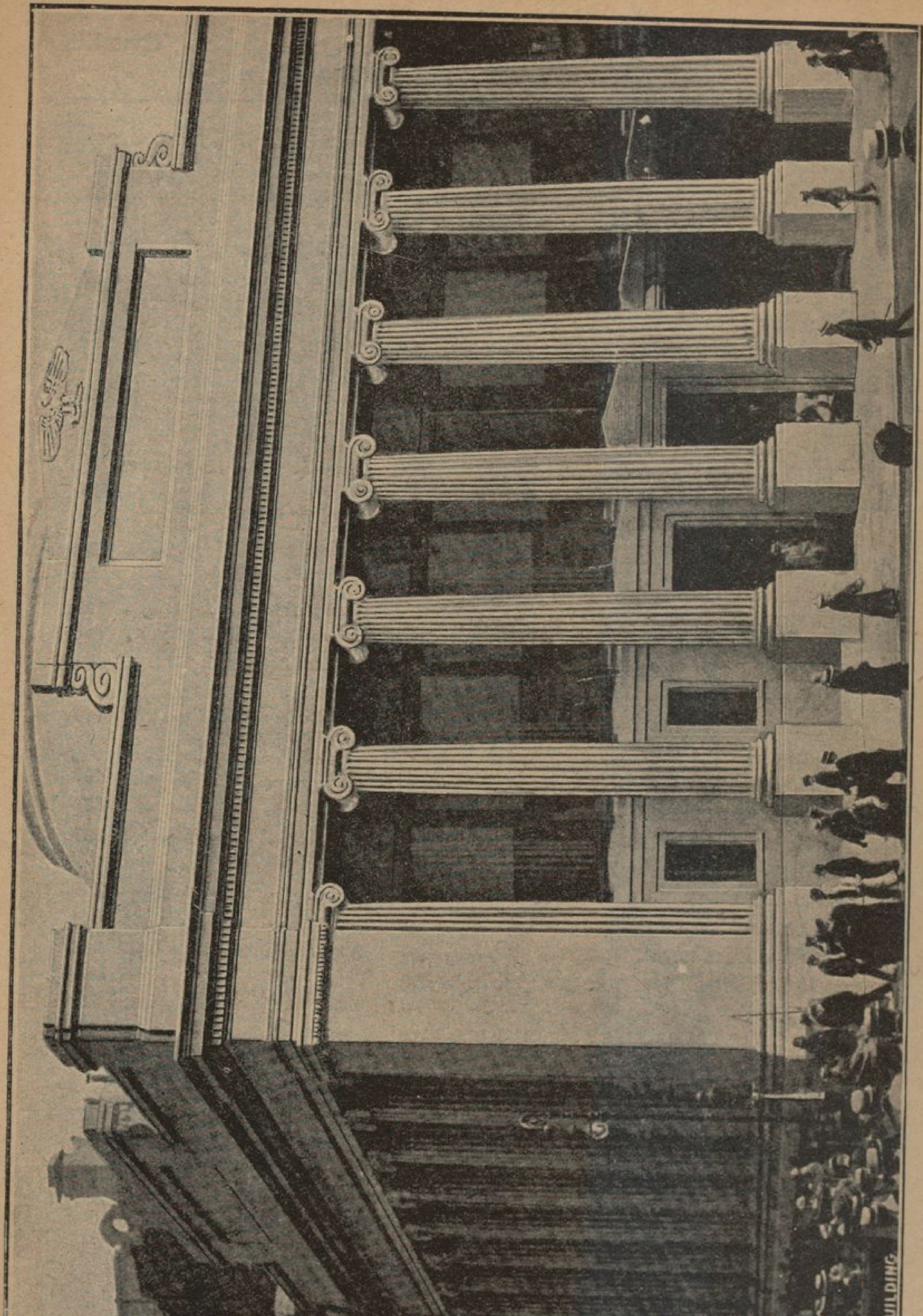
On peut, sans être électricien, poser soi-même des sonneries. .. .. — G. Germond. 551

La France fabrique maintenant ses thermomètres médicaux .. .. — Ph. Sandrac. 559

Les à-côtés de la Science (Inventions, découvertes et curiosités) .. .. — V. Rubor. 565

Chronologie des faits de guerre sur tous les fronts 573

HORS TEXTE : Grande carte en couleurs de la Belgique occidentale.



LA FAÇADE MONUMENTALE DU NOUVEAU SIÈGE SOCIAL DU TRUST DE L'ACIER, INAUGURÉ IL Y A QUELQUES ANNÉES A NEW-YORK

La Science et la Vie

MAGAZINE DES SCIENCES ET DE LEURS APPLICATIONS A LA VIE MODERNE

Rédigé et illustré pour être compris de tous.

Depuis la guerre, paraît tous les deux mois. — Abonnements : France, 10 francs, Etranger, 16 francs
Rédaction, Administration et Publicité : 13, rue d'Enghien, PARIS — Téléphone : Bergère 37-36

Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés pour tous pays.
Copyright by La Science et la Vie *Octobre 1917.*

Tome XII — Octobre-Novembre 1917 — Numéro 35

LES GRANDS TRUSTS AMÉRICAINS

Par Firmin ROZ

DIRECTEUR DE LA SECTION DES ÉTATS-UNIS (SERVICE DE L'INFORMATION A L'ÉTRANGER) AU MINISTÈRE DES AFFAIRES ÉTRANGÈRES

De tous temps, les producteurs d'objets manufacturés ou de matières nécessaires à l'alimentation se sont ligués pour accaparer certaines marchandises et pour provoquer ainsi une hausse des prix de vente aux dépens des consommateurs.

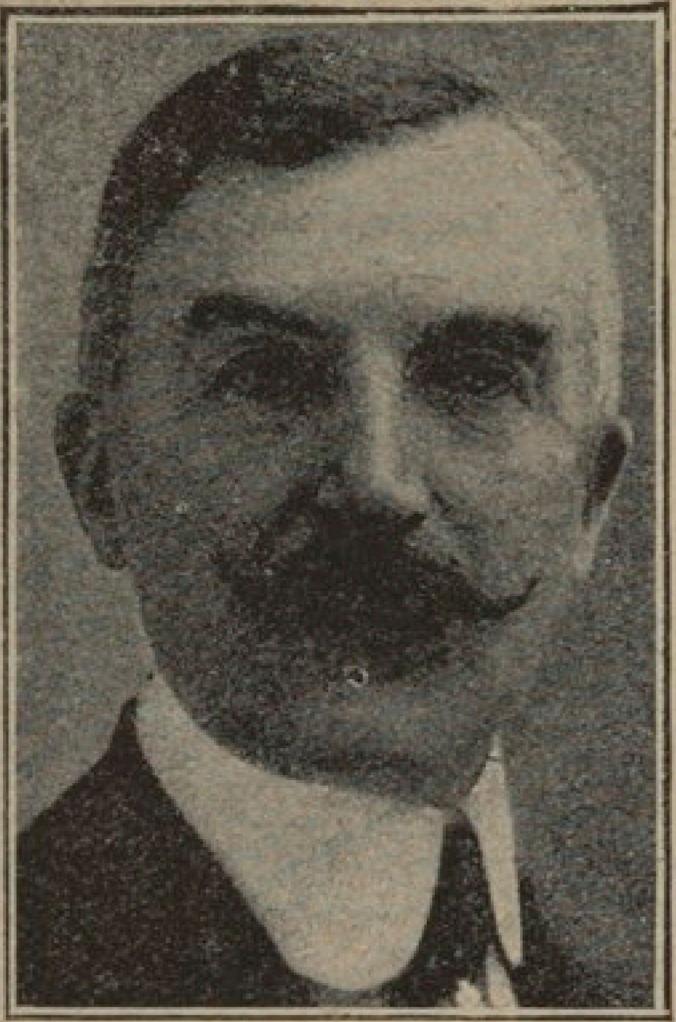
La vieille Europe a depuis longtemps promulgué des lois contre les accapareurs, mais, dans les pays nouveaux comme les Etats-Unis, les coalitions de producteurs ont trouvé, au début de leurs opérations, le législateur insuffisamment armé pour les combattre.

C'est, en Amérique, et à un beaucoup moindre degré en Allemagne, que les associations de capitalistes agriculteurs ou manufacturiers ont atteint, depuis quelque trente ans, une puissance colossale qui a alarmé l'opinion publique et a causé aux gouvernements de graves et légitimes inquiétudes.

Au point de vue de l'objet et de la forme de ces coalitions, on distingue diverses catégories, suivant la durée des ententes auxquelles elles donnent lieu entre leurs membres fondateurs.

S'il s'agit de provoquer artificiellement la hausse momentanée de certaines matières sur le marché, il suffit d'un contrat passager entre les détenteurs des produits en cause, car on liquide les bénéfices par des ventes plus ou moins rapides, dès que le résultat cherché par les coalisés est atteint. Les Anglais et les Américains appellent cette manœuvre *corner* ; c'est le *ring* allemand, qui est un accord verbal et de peu de durée.

Phot. Nadar.

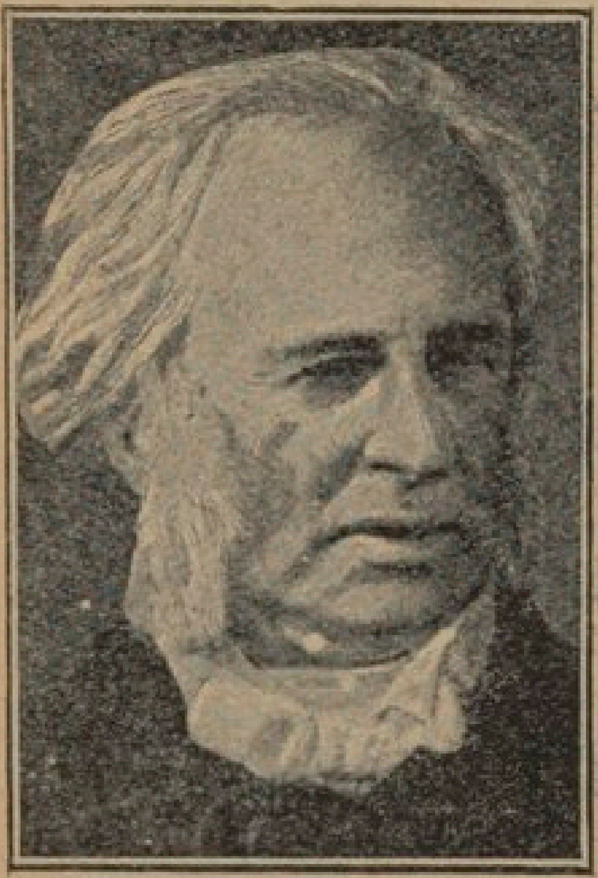


M. FIRMIN ROZ

Le grand public de tous les pays est familiarisé aujourd'hui avec le *cartel*, d'origine germanique, dont l'organisation est calquée sur le *pool* américain. Les cartels sont des ententes établies pour plusieurs années entre les fabricants d'une même marchandise en vue de limiter ou même de supprimer complètement la concurrence qu'ils se faisaient entre eux auparavant. Basés sur des traités réguliers ayant une durée déterminée, et régis par un comité directeur, les cartels punissent les infractions commises par leurs membres contre les stipulations que comportent les accords signés. Ceux-ci fixent les prix minimum au-dessous desquels les signataires s'interdisent de vendre leurs marchandises, ainsi que les conditions d'achat qu'ils s'engagent à imposer aux clients. La production de chaque usine syndiquée est

limitée à une quantité absolue, ou bien on lui attribue une certaine proportion dans le total des ventes, à charge pour elle d'indemniser les autres syndicataires, si elle venait à excéder sa part de vente. Quelquefois aussi, la clientèle est répartie géographiquement entre les divers groupes industriels liés par le cartel. Enfin, les participants d'une entente de cette nature peuvent partager les bénéfices de l'industrie trustée en versant dans une caisse commune une fraction déterminée de la recette brute ou du produit net.

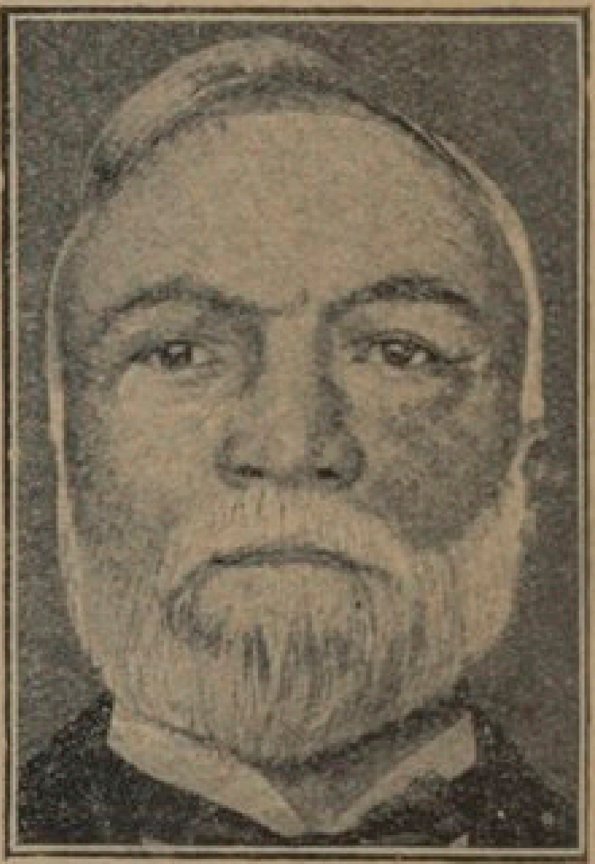
De puissantes organisations de ce genre fonctionnent en Allemagne pour la vente des fontes, des aciers, des houilles, des cokes, etc. En France, il existe, sous le nom de Comptoir métallurgique de Longwy, un cartel de vente dont l'origine remonte à 1876 et qui groupe tous les hauts fourneaux de la Lorraine française produisant de la fonte qu'ils ne transforment pas eux-mêmes en acier. Ce cartel se désintéresse absolument du mode de fabrication et n'intervient pas dans les affaires sociales, mais il se contente de centraliser tous les ordres d'achat, qui doivent passer par son intermédiaire, en fixant le quantum des livraisons que doit faire chacun des associés, ainsi que les prix à facturer aux clients. Les participants sont autorisés à vendre à l'étranger l'excès de leur production que le Comptoir ne peut leur acheter. Cette organisation rend les plus grands services à l'industrie et sert à empêcher l'écroulement des prix en évitant une concurrence exagérée, sans qu'on puisse lui reprocher de provoquer des hausses injustifiées ou de procurer à ses membres adhérents des bénéfices jugés excessifs.



M. VANDERBILT

Fondateur de la célèbre dynastie financière qui règne sur une grande partie du réseau des chemins de fer américains.

La vie propre des entreprises qui participent à un cartel n'est nullement influencée par cette adhésion. Il n'en est pas de même des organisations spéciales qui ont pris un grand développement aux Etats-Unis sous le nom de *trusts*. Ce mode d'association exige que tous les établissements qui en font partie soient constitués en sociétés anonymes. Les actions des adhérents sont déposées dans une caisse commune gérée par des administrateurs de confiance ou *trustees*, et les actionnaires reçoivent, en échange, des certificats du trust. Les directeurs de celui-ci, ayant la majorité dans les conseils, gouvernent à leur gré une formidable agglomération d'usines ou d'entreprises s'occupant d'une même fabrication et suppriment au besoin les fabriques syndiquées qui leur paraissent mal organisées ou peu susceptibles de réaliser des prix de revient relativement bas.



M. W. CARNEGIE

Le fondateur des grandes aciéries de Pittsburg, en Pennsylvanie ; il fut aux Etats-Unis le premier « roi de l'acier ».

Au début, les trusts, dont le nom dérive d'un vieux mot anglais qui signifie, en français, *confiance*, opéraient plus brutalement, en achetant les fonds des sociétés contractantes qui disparaissaient complètement pour faire place à une nouvelle affaire. Cette première forme du trust appliquait le système de la *consolidation* ou de la *fusion*.

La manœuvre consistait, dans ce cas, à faire une guerre acharnée aux usines que l'on voulait forcer à adhérer à la combinaison. On consacrait une certaine somme, souvent considérable, à l'organisation d'une concurrence basée sur une diminution importante des prix pratiqués auparavant sur le marché. Au bout d'un certain temps, les fabricants ainsi attaqués cessaient leurs affaires ou signaient le traité que leur imposaient les directeurs du trust. C'était, en somme, la carte forcée.

Les derniers trusts formés n'appartiennent plus à la catégorie des *consolidations*, mais à celle des *Holding trusts*. Cette forme nouvelle permet de donner une satisfaction apparente aux lois contre les trusts (Anti-Trust Laws), mais la presque totalité des actions des sociétés groupées

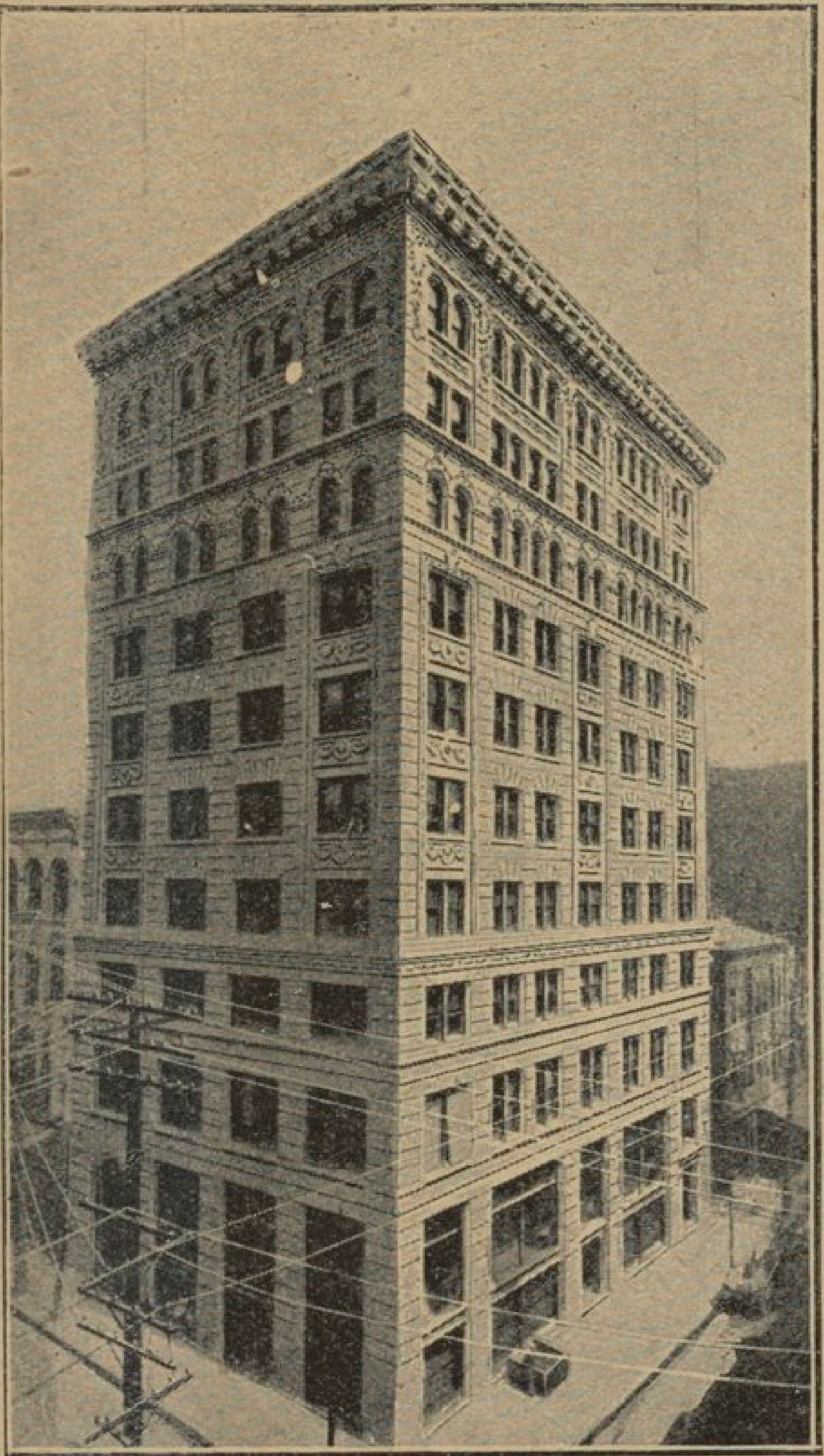
restant entre les mains d'une seule d'entre elles, il n'y en a pas moins accaparement manifeste d'une industrie, malgré l'indépendance apparente dont les syndicataires ont l'air de jouir.

Créé en 1872, le trust du pétrole, ou Standard Oil Co, groupa trente-neuf sociétés, qu'il réduisit à vingt, les dix-neuf autres ayant été jugées trop faibles pour soutenir la lutte. Le nouveau trust, qui pourtant était maître des lignes de chemins de fer servant au transport de ses produits, acheta la plupart des canalisations ou « pipe lines » installées pour conduire le pétrole des terrains de production jusqu'aux ports d'embarquement.

Il put distribuer, annuellement pendant la période de 1901 à 1907, plus de 20 milliards de dividendes, pour un capital de 500 millions de francs. Ce succès était dû à l'énergie des organisateurs, qui, ayant opéré à un moment où la loi était désarmée contre eux, n'avaient pas rencontré sur leur route les obstacles juridiques que connurent plus tard leurs imitateurs.

C'est en 1901 que fut conçu le plan du trust de l'acier ou United States Steel Corporation, qui est encore actuellement la plus formidable, et aussi la plus féconde coalition industrielle du monde entier.

Dans le vaste champ de la sidérurgie, la concentration des mines, des aciéries, des chemins de fer, des compagnies de navigation et autres moindres organismes intéressés dans la production, le transport et l'extraction du minerai de fer, a pu produire son maximum d'effet.



LES BUREAUX DU « TRUST DE L'OCÉAN », A BALTIMORE, OCCUPENT TOTALEMENT CET IMMEUBLE

A ses débuts, le trust groupa dix entreprises représentant plus de 4 milliards de francs, et le capital en fut porté à plus de 6 milliards, lors de la constitution définitive du trust.

Certaines des usines entrées dans la combinaison primitive étaient déjà très puissantes au moment de leur absorption par le groupe Schwab, fondateur du trust, qui peut être considéré lui-même comme un véritable Omnium de trusts.

La plus importante aciérie qui entra dans le syndicat était la Carnegie Steel Co., fondée à Pittsburg en 1860 par un Ecossais émigré. A l'époque de son adhésion à l'United Steel Corporation, la Société Carnegie comprenait les immenses aciéries d'Homestead, de Braddok et de Bessemer ; elle avait même absorbé une importante société minière, l'Oliver Iron Mining Co., ainsi que les usines à coke connues sous le nom de Frick Coke Co. Possesseur de voies ferrées et de lignes de cargos naviguant sur les grands lacs, la Société Carnegie produisait, dès 1899, 2.200.000 tonnes de fonte ; à côté d'elle étaient venues se grouper la Federal Steel Co. avec dix-neuf hauts fourneaux, fournissant 1.900.000 tonnes de fonte, et la National Steel Co., dont les huit usines

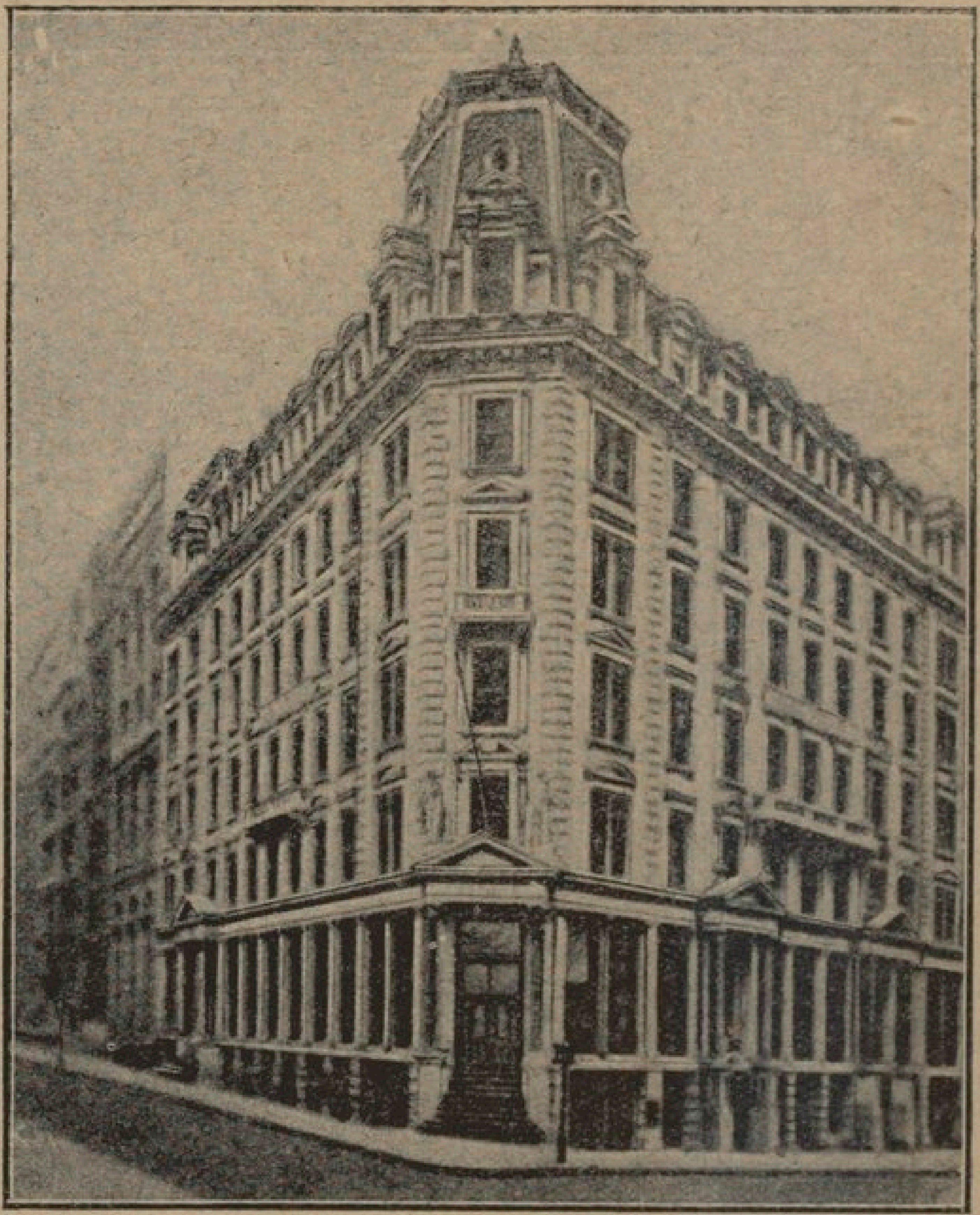
livraient à la consommation 1.500.000 tonnes de fonte et 180.000 tonnes d'acier.

A ces trois usines productrices de métal, les organisateurs du trust avaient adjoint des fabriques de tubes, de tôles, de fils d'acier ou de clous qui étaient elles-mêmes de véritables trusts puisque la National Tube Co. avait groupé dix-sept sociétés fabriquant 1.500.000 tonnes de tubes métalliques. De même, l'American Steel and Wire Co. formait, à elle seule, un trust particulier réunissant vingt-sept usines s'occupant de tréfilerie.

A la formation définitive du trust de l'acier, préluda une lutte très vive de tarifs entre le groupe Carnegie et l'association Morgan-Rockefeller. Cette dernière finit par triompher, mais, bonne joueuse, elle fit entrer son adversaire dans le trust de l'acier en lui reconnaissant un capital-obligations de 1.520 millions en échange du capital de 1.280 millions de francs, qui représentait l'apport du nouveau syndicataire.

Carnegie, vaincu, réalisait donc un bénéfice de 240 millions de francs, qui était de nature à compenser largement la blessure d'amour propre que pouvait lui causer le passage de son entreprise entre les mains du nouveau trust.

Une fois sûr de contrôler une partie importante des aciéries américaines, le groupe Schwab opéra une revision de ses moyens de production, réorganisa les meilleures usines, supprima les moins bonnes et créa enfin, à Gary, dans l'Indiana, la plus formidable usine métallurgique des Etats-Unis, où il accumula les installations les plus modernes pour la production de la fonte et de l'acier, ainsi que pour le laminage des rails et des profilés. En même temps, l'exploitation des riches minerais de fer du Lac Supérieur était poussée à son maximum ; de 34 millions de tonnes en 1914, elle a pu passer à 47 millions en 1915 et à 67 en 1916, grâce à la puissance des moyens d'extraction, ainsi que des appareils de transport et de manutention qui assurent l'alimentation des usines du trust avec un minerai supérieur aux anciens produits de la Pennsylvanie. C'est ainsi que grâce au génie des deux rois du fer et du pétrole, Carnegie et Rockefeller, qui ont fondu leurs intérêts en 1897, un bateau de 6.000 tonneaux arrivant à 6 heures du matin dans un port du lac Erié, peut repartir à 8 heures du soir complètement déchargé. De même, un train comportant trente wagons de 40 tonnes, à vidange automatique, peut être déchargé en deux heures. C'est dans ces conditions remarquables que les Etats-Unis ont pu faire face à une formidable production d'acier qui a atteint 23 millions de tonnes en 1914, 32 millions en 1915 et 42 millions en 1916.



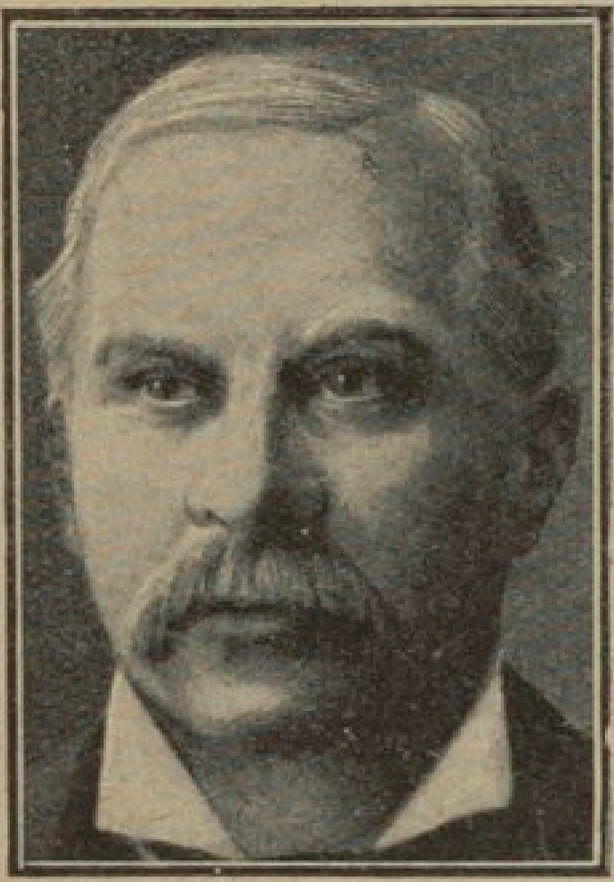
LA BANQUE PIERPONT MORGAN, A NEW-YORK

Organisateur de nombreuses compagnies de chemins de fer, M. Pierpont Morgan fonda le « Trust de l'Océan » et fut chargé, au début de la guerre, de tous les achats effectués aux Etats-Unis pour le compte des Alliés.

Bien que le trust de l'acier ait été

organisé par des hommes d'une intelligence supérieure et d'une puissance financière incomparable, ses bénéfices ont atteint seulement 800 millions en 1907. La valeur de ses propriétés, comprenant les mines, les usines et les chemins de fer, atteignait à cette époque la somme énorme de 10 milliards.

Nous avons vu dans la Standard Oil l'exemple d'un trust qui réussit brillamment. L'United Steel Corporation nous a fourni les données financières d'un trust qui a atteint des résultats certainement satisfaisants, mais de beaucoup inférieurs à ceux de son devancier.

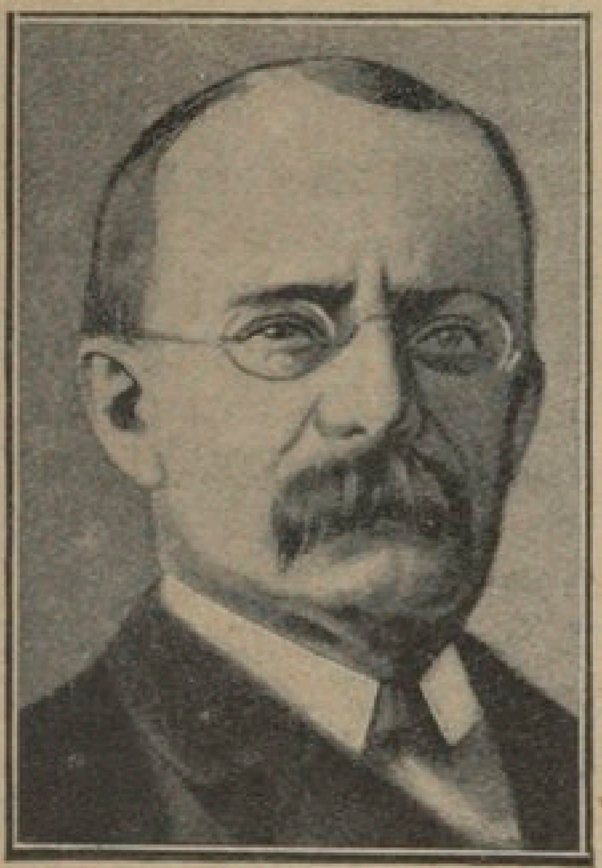


M. PIERPONT MORGAN

*Le célèbre banquier américain est aussi connu à Paris qu'à Londres et à New-York. Il a trusté la navigation transatlantique en fondant l'*International Mercantile Marine Co., *autrement dit « Trust de l'Océan ».*

Le trust de l'Océan a offert, au contraire, au monde des affaires le spectacle d'un échec retentissant que n'a pu éviter son puissant initiateur, le célèbre Pierpont Morgan.

Le 4 février 1902, fut signée une convention par laquelle trois compagnies américaines : la Leyland Line, l'International Navigation Co. et l'Atlantic Transport Co., s'entendaient avec deux puissantes sociétés de navigation transatlantique anglaises, la White Star Line et la Dominion Line. Ces diverses firmes, propriétaires de 136 navires, jaugeant environ un million de tonnes, vendaient leurs actions au groupe P. Morgan, qui organisait la corporation nouvelle, sous le nom d'International Mercantile Marine Co., à laquelle on donna le nom de Trust de l'Océan (Atlantic Combine). Les actions des trois entreprises américaines furent évaluées à environ 230 millions de francs, et celles des deux compagnies anglaises à dix fois les bénéfices nets réalisés au cours de l'exercice 1900. Le trust de l'Océan prenait la place des cinq sociétés, avec un capital-actions de 600 millions de francs, auquel on adjoignit encore 250 millions d'obligations.

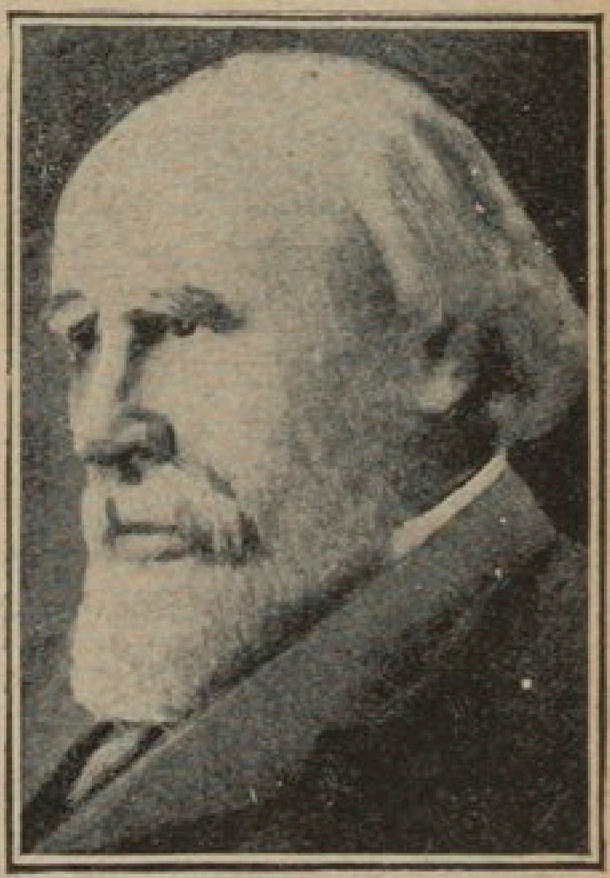


M. HARRIMAN

Le « système Harriman » couvre d'un réseau ferré très étendu une grande partie de l'immense territoire des Etats-Unis.

Pour s'assurer la possibilité d'augmenter sa flotte dans des conditions raisonnables et connues d'avance, le trust de l'Océan avait signé en même temps une entente avec les célèbres constructeurs de navires irlandais Harland et Wolf, de Belfast, qui s'engageaient à ne pas mettre de steamers en chantier pour les concurrents du syndicat, à condition que ce dernier lui concédât pour dix ans le privilège de la construction et de la réparation de tous ses bateaux.

Sans s'occuper du danger qui résultait pour lui de la concurrence des autres grandes lignes transatlantiques anglaises, hollandaises, françaises, etc., le trust de l'Océan crut qu'il contrôlerait une fraction suffisante de la navigation transatlantique entre l'Amérique et l'Europe en concluant un accord avec les deux grandes compagnies allemandes, la Hamburg Amerika Linie et le Norddeutscher Lloyd, qui lui apportaient 277 navires jaugeant près de 1.200.000 tonnes. Cette entente était un cartel par lequel les parties contractantes se garantissaient mutuellement le maintien de leurs situations respectives. Le trust s'engageait à n'envoyer aucun vapeur

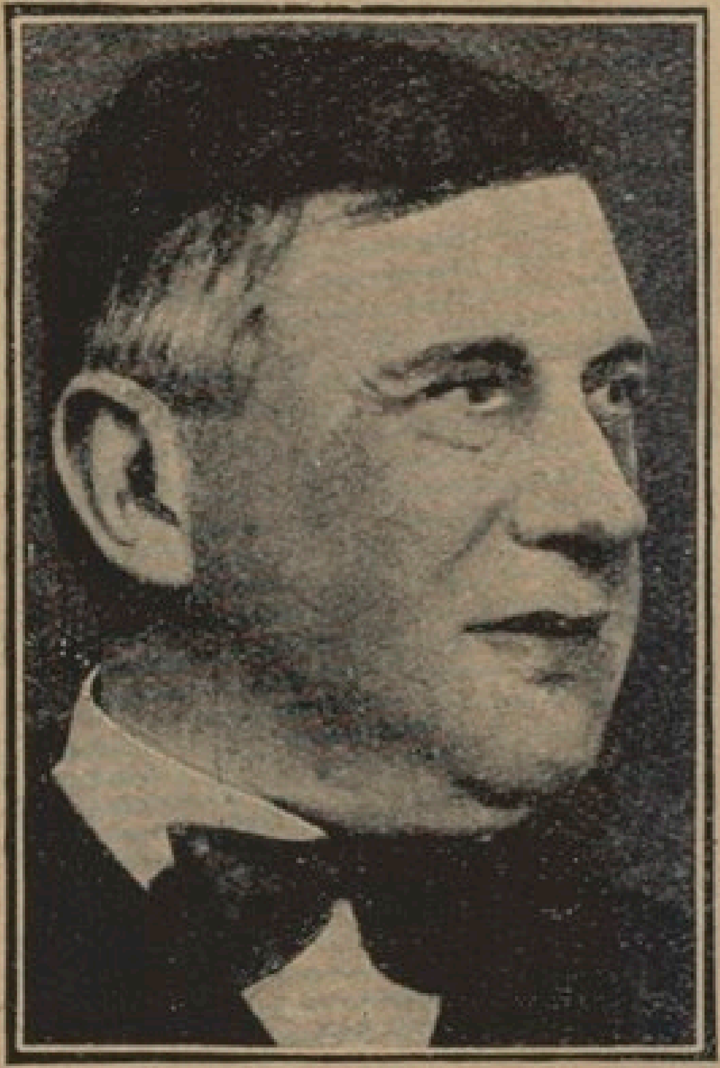


M. JAMES HILL

Un financier doublé d'un philosophe qui a doté le Far West canadien d'une voie ferrée remarquable par sa longueur.

dans les ports allemands sans l'autorisation de la Hamburg Amerika Linie et du Norddeutscher Lloyd; ses bateaux ne devaient faire que deux escales par semaine dans les ports français. Par contre, les compagnies allemandes s'interdisaient les escales belges et limitaient à 300 les escales de leurs navires dans les ports anglais de la Manche.

Les deux compagnies allemandes ayant porté leur capital à 125 millions de francs, remettaient le quart de leurs dividendes au Trust qui, en échange, leur garantissait un intérêt de 6 % pour le quart de leur capital. C'était donc pour le Trust une charge annuelle d'environ 6.250.000 francs en cas d'insuffisance de bénéfices. Les organisateurs de la corporation nouvelle se croyaient suffisamment à l'abri de tout danger financier par ce fait que les deux compagnies allemandes avaient distribué à leurs actionnaires des dividendes de 6 % pendant l'année 1901.

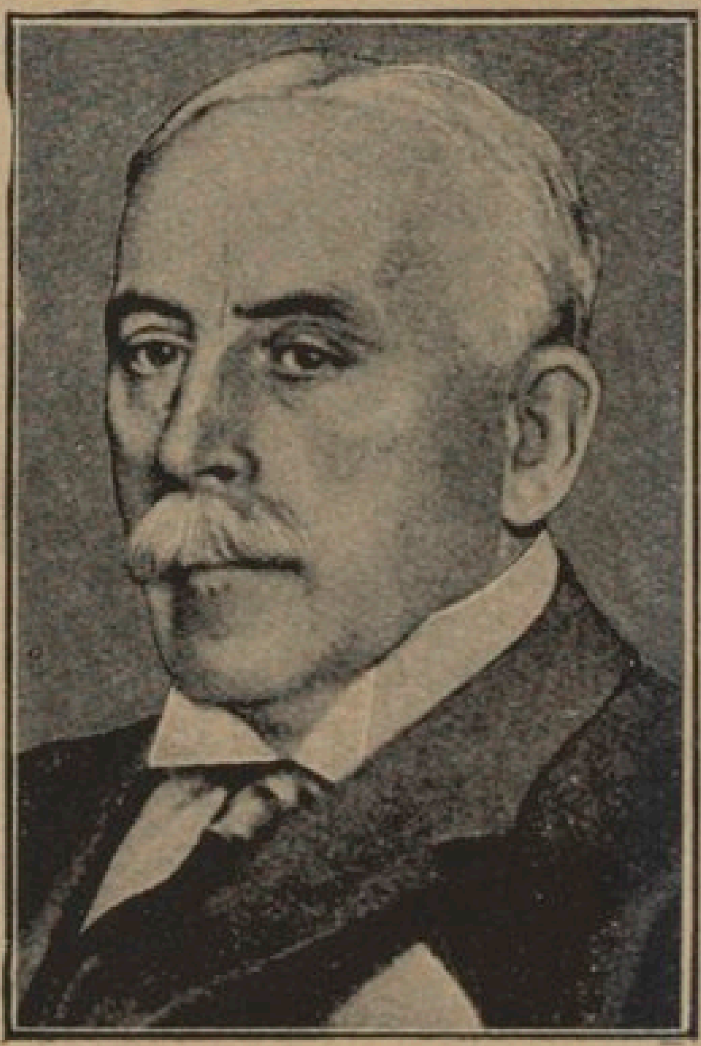


M. CH. SCHWAB

Président de la puissante Société des Aciéries de Bethléhem, fondateur du Trust de l'acier.

Les tarifs de transport des sociétés syndiquées étaient réglés par un accord spécial, d'après lequel chacune d'elles gardait sa liberté complète pour le fret des marchandises.

Cette organisation causa une légitime émotion en Angleterre et dans les autres grandes nations maritimes de l'Europe. Le Board of Trade et l'Amirauté exigèrent que les officiers et la majorité des administrateurs des compagnies anglaises absorbées par le Trust continueraient à être de nationalité britannique. De même, aucun navire ne devait passer sous pavillon américain sans une autorisation écrite du ministre du Commerce anglais, et la moitié au moins des bâtiments achetés par le trust de l'Océan ou construits pour son compte devait être de nationalité essentiellement britannique.



M. J. A. FARRELL

Il préside actuellement aux destinées de l'United States Steel Corporation ou Trust de l'acier.

Comme nous l'avons dit, le Trust avait commis l'imprudence de négliger la collaboration ou de mépriser la concurrence de puissantes compagnies étrangères, telles que la Société Cunard, qui engagea contre le groupe Morgan une lutte énergique. Elle obtint, notamment, une très forte subvention du gouvernement anglais, ce qui lui permit de mettre en service des navires neufs et rapides de très fort tonnage (Lusitania et Mauretania).

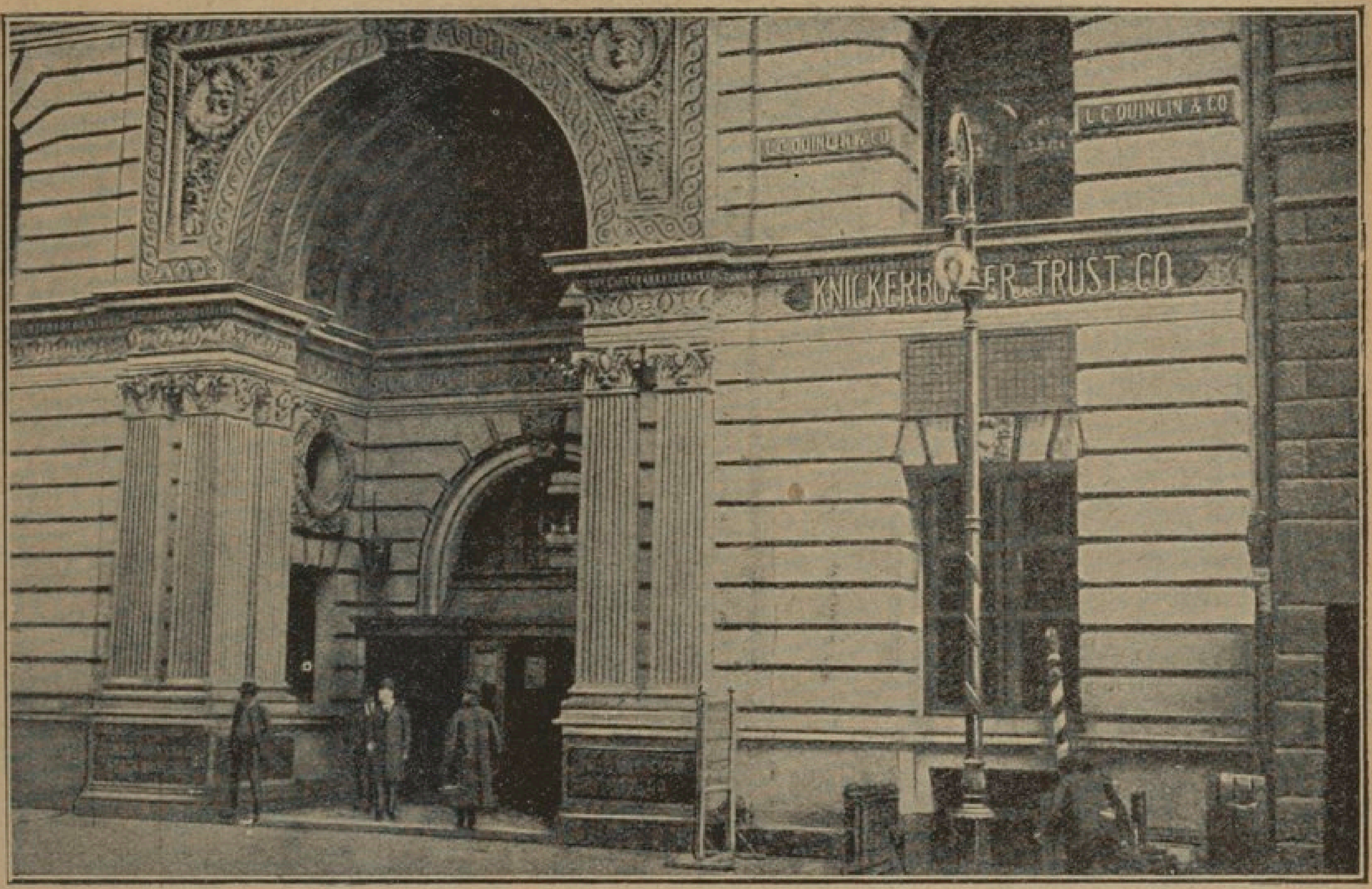
Le Trust de l'Océan représentait seulement 60 % du trafic interocéanique, mais il espérait vaincre la concurrence de ses adversaires en abaissant les tarifs. En peu de temps, le fret tomba à un taux tellement dérisoire, que le voyage d'Europe à New-York était devenu une dépense insignifiante pour les émigrants.

Le Trust était beaucoup moins bien placé, pour soutenir la lutte, que ses adversaires européens. En effet, son capital était très majoré et le prix de sa flotte représentait 500 francs par tonne au lieu de 300 à peine pour les compagnies anglaises. La première campagne d'exploitation de 1903 se solda par un bénéfice net dérisoire correspondant à 1.775.000 francs pour un capital de 850 millions de francs, soit 0,20 %, car il avait fallu prélever 18.225.000 francs pour payer l'impôt sur le revenu et l'intérêt des 250 millions d'obligations. Au mois de juillet 1903, les actions privilégiées du trust tombaient de 375 francs à 100 francs, et les actions ordinaires, de 100 francs à 35 francs. La Hamburg America Line fut obligée de combler les pertes énormes subies par le Norddeutscher Lloyd, en prélevant sur ses réserves les sommes nécessaires.

Le Trust avait donc échoué, parce qu'il n'avait pu réunir que les six dixièmes du commerce transatlantique et que son capital initial avait été trop enflé par la spéculation. D'autre part, les gouvernements étrangers étaient beaucoup trop intéressés au maintien de leurs flottes postales pour les laisser exposées sans défense aux attaques de leurs concurrents.

Si l'on cherche à s'expliquer la grandeur et la décadence des trusts, il est facile de voir qu'elles ne doivent rien au hasard, mais qu'elles ne dépendent pas non plus exclusivement des capacités qui présidèrent à ces grandes organisations. L'existence des trusts dépend de certaines conditions économiques qui leur sont tout particulièrement favorables et de certaines circonstances politiques qui agissent dans le même sens. Leur échec, au contraire, est lié à l'absence ou à l'insuffisance de ces conditions absolument nécessaires.

La nature même semble avoir préparé, sur le territoire de l'Union, la concentration industrielle, en y concentrant la matière première : gisements de pétrole dans la Pennsylvanie et l'Ohio, minerais du Lac Supérieur, et en accumulant les richesses dans un pays neuf dont la fécondité invite aux grandes exploitations.



LA FAÇADE ET L'ENTRÉE DE L'OFFICE DU TRUST DU CUIVRE, A NEW-YORK

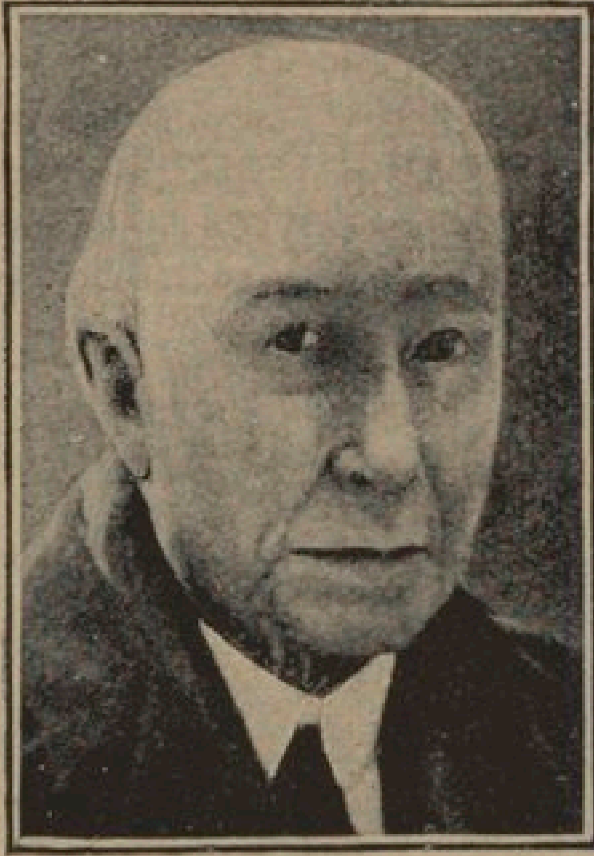
Mais la véritable concentration, aux Etats-Unis, est celle où l'industrie se trouve entraînée par le double développement du machinisme (qui a lui-même pour stimulant le taux élevé des salaires) et des transports (qui répondent à l'immensité des distances). Ajoutons à ces causes un facteur tout humain, l'esprit d'entreprise, résultant de la manière même dont s'est constitué et se recrute le peuple américain, formé d'émigrants.

Il n'y a donc rien d'étonnant à voir l'industrie américaine se concentrer dans des proportions ignorées chez nous. Pourtant cette concentration ne suffit pas à expliquer les trusts, dont quelques-uns, comme le trust du sucre, par exemple, ou celui du whisky, ne reposent sur aucune base naturelle et qui tous ont besoin, pour triompher, d'un privilège spécial, susceptible d'assurer l'élimination immédiate et totale des concurrents gênants.

C'est ici qu'interviennent des conditions artificielles, dont les deux principales sont le régime américain des chemins de fer et les tarifs douaniers.

Les chemins de fer, aux Etats-Unis, présentent un cas très particulier. Quand les premières lignes furent décidées et construites, la vie privée, suivant l'excel-

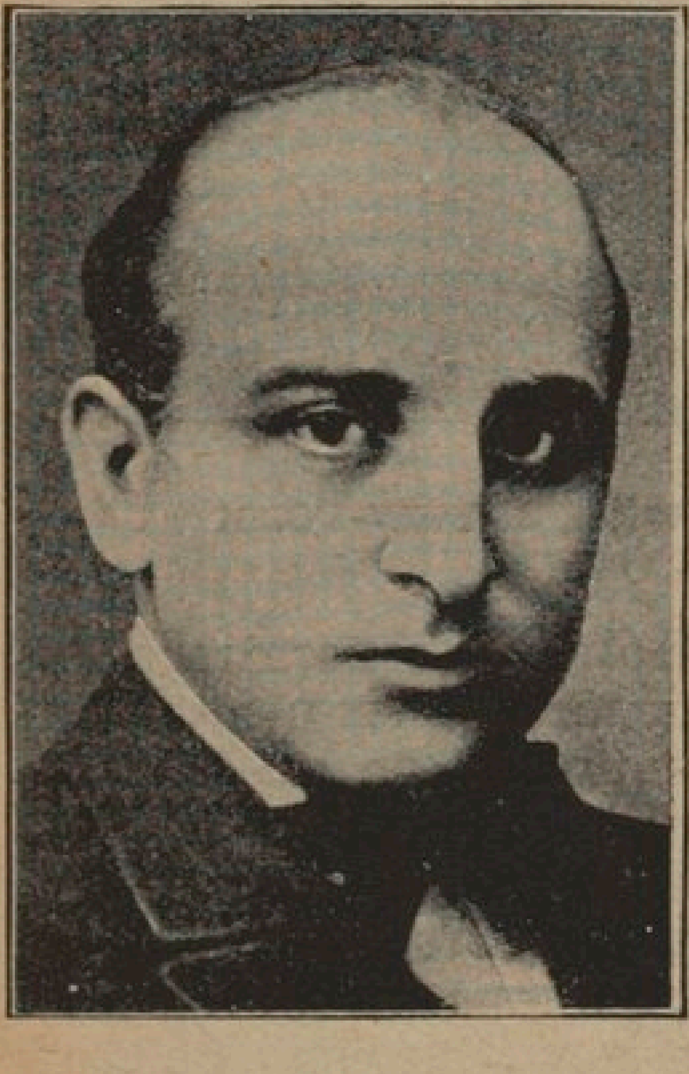
lente formule de M. de Rousiers, absorbait presque entièrement la vie publique. Les Etats laissèrent donc à l'initiative privée la charge et le profit de l'entreprise, sans marchander aux compagnies le privilège qu'on leur abandonnait ainsi. Ils ne stipulèrent en leur faveur aucune clause des retours et ne réservèrent même pas leur droit de surveillance d'une manière expresse et effective. La conséquence fut que les *présidents de chemins de fer* allaient devenir de véritables potentats, libres de gérer un service public dans un intérêt privé. Dès lors, les trusts pouvaient obtenir des tarifs de faveur en intéressant à l'affaire les membres importants des compagnies; et ces tarifs de faveur, en assurant à une certaine organisation industrielle un monopole de transport, lui permettait de monopoliser son industrie tout à son aise.



M. J. ROCKEFELLER

Le plus riche des financiers américains promoteurs des grands trusts. J. Rockefeller a surtout fait sa fortune dans les pétroles et a organisé la Standard Oil Co.

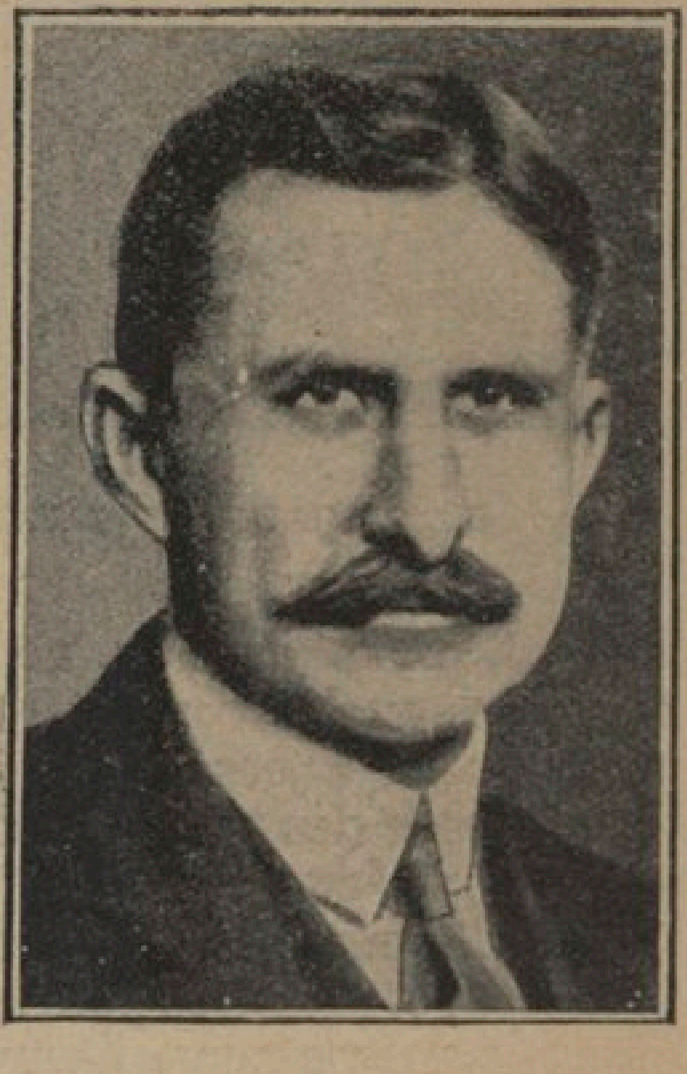
Nous voyons ici comment la diminution du rôle normal de l'Etat peut transformer en monopole le phénomène normal de la concentration industrielle. Le tarif protecteur, d'une manière toute contraire, agit dans le même sens : il nous montre comment une exagération de la puissance de l'Etat produit un effet identique. A l'abri du retranchement que constituent les hautes barrières de la protection douanière, il est facile de limiter l'offre d'une marchandise sur un marché fermé. Rien n'empêchera donc des industriels, comme l'ont fait les raffineurs dans le Trust du sucre, de limiter la production et de hausser les prix de vente.



M. J. E. DAVIES

Président de la Commission fédérale de Commerce des Etats-Unis, qui a pour programme de codifier toutes les transactions qui ont lieu entre producteurs et consommateurs.

Les puissants capitalistes, qui s'appelaient Vanderbilt, Gould, Harriman, Rockefeller, Pierpont Morgan, s'attaquèrent à tous les organismes industriels et commerciaux des Etats-Unis et devinrent rois des chemins de fer, rois du pétrole ou de l'acier. Leurs agissements, qui avaient pour but de tuer leurs concurrents et, souvent hélas! de faire monter les prix dans des proportions formidables au détriment des consommateurs, finirent par inquiéter les pouvoirs publics. La loi Shermann, votée en 1890, punissait d'une amende de 5.000 dollars ou d'un emprisonnement d'un an, les auteurs de toutes combinaisons entravant le libre échange des marchandises entre les divers Etats de l'Union et les pays étrangers. Cependant, les trusts ont continué de plus belle à se développer, car le Stock Exchange, de New-York, ou marché de Wall Street, qui cotait en 1890 les valeurs de vingt trusts, en enregistre aujourd'hui plus de quatre cent cinquante, représentant un capital d'environ 50 milliards.



M. F. J. BALDWIN

Président de la Pacific Mail Steamship Co. et premier vice-président de l'American International Corporation, compagnie de navigation et société commerciale très puissantes.

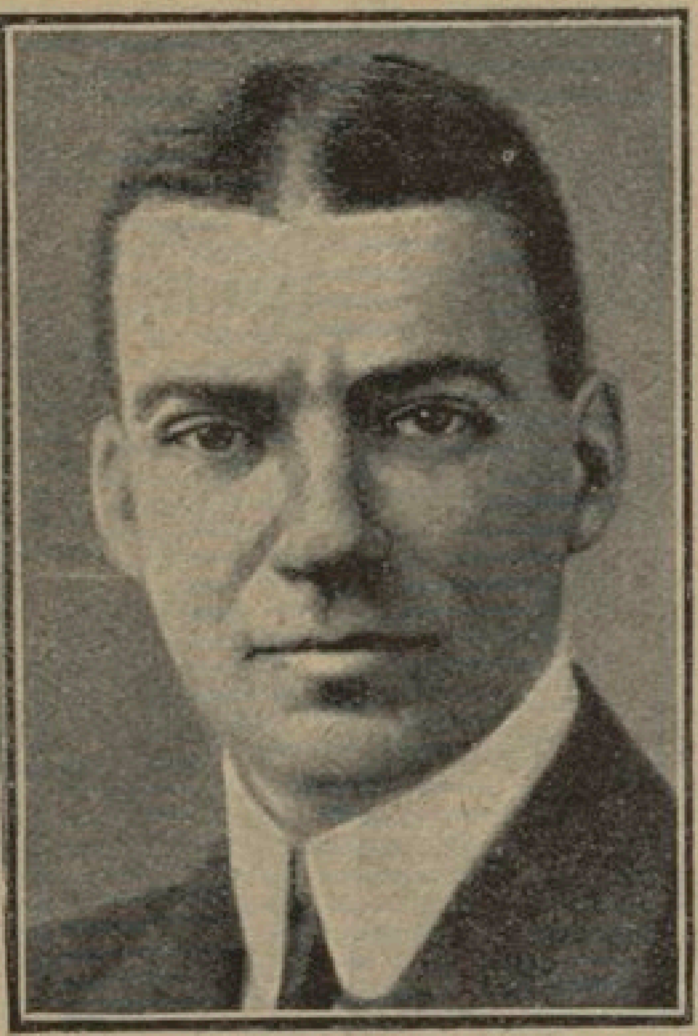
Des fortunes immenses furent édifiées par les faiseurs de trusts et les résultats les plus extraordinaires à ce point de vue

furent réalisés par John D. Rockefeller, le roi du pétrole, dont les biens de toutes natures ont été évalués par les économistes à plus de 3 milliards de francs.

Ce fut précisément l'organisation du trust du pétrole qui donna lieu à la plus violente campagne contre ces institutions industrielles et financières aux Etats-Unis.

Les trusts n'ont pas passé l'Atlantique parce que les conditions essentiellement américaines qui ont favorisé leur développement aux Etats-Unis n'existent pas chez nous ; mais leur forme européenne s'est manifestée dans une concentration plus grande de nos industries. Les raffineries de sucre et de pétrole, par exemple, se sont entendues pour éliminer toute concurrence et pour arrêter des prix dont les syndicataires s'interdisent formellement de s'écarter sous aucun prétexte sans une entente préalable.

Même aux Etats-Unis, l'ancien trust, brutal et égoïste, a vécu. Son remplaçant rend, en somme, d'immenses services et contribue au bien général des consommateurs et des producteurs, sans servir exclusivement, comme autrefois, à l'édification d'immenses fortunes particulières au détriment d'autrui.



M. ELIOT WADSWORTH

Vice-président du Comité central de la Société de la Croix-Rouge américaine, un « bon trust » qui rendra d'immenses services aux armées fédérales et qui est déjà bien connu de nos soldats.

Récemment, le président Wilson a pu obtenir des propriétaires d'aciéries un abaissement d'un tiers des prix de vente qui eût été impossible si cette importante industrie n'avait pas été centralisée entre les mains de quelques puissants organismes, dont le Trust de l'acier est certes le plus fortement organisé.

On a vu un exemple des trusts modernes dans l'organisation nouvelle des chantiers navals et des usines de construction de locomotives des Etats-Unis. Les premiers se sont groupés autour de puissantes usines qui étaient déjà des trusts tels que la Bethléhem Steel Co., tandis que les manufactures qui s'occupaient spécialement de la construction des locomotives étaient rachetées par l'American Locomotive Co., aujourd'hui seule maîtresse de ce marché, avec l'unique concurrence des usines Baldwin, de Philadelphie.

La construction des ponts est également entre les mains de l'American Bridge Co., qui a concentré depuis plusieurs années les efforts de production de certains chantiers importants.

Ainsi modifié, le trust peut être admis comme un auxiliaire presque obligé de l'industrie moderne. Comme dans la plupart des entreprises humaines, aux excès de la première heure ont succédé la réglementation et la réflexion du lendemain ; ainsi a été assurée la permanence de ces organisations qui n'auraient sans doute pas pu vivre telles que les avaient conçues à l'origine leurs premiers promoteurs.

On ne saurait donc se faire une idée juste des trusts sans distinguer dans ce phénomène économique deux éléments : la *concentration industrielle*, qui résulte d'une évolution normale de l'industrie (concentration des capitaux et des moyens de production, progrès du machinisme et des moyens de transport). — le *monopole industriel*, qui résulte de certaines conditions artificielles, comme le régime américain des chemins de fer et les tarifs douaniers. A la faveur d'une équivoque, entretenue par la complexité du phénomène, les défenseurs des trusts ne justifient en fin de compte que la concentration industrielle, et les arguments des adversaires ne valent, en somme, que contre les circonstances particulières qui tirent de cette concentration un monopole. De telles circonstances qui se sont trouvées réalisées en Amérique, le pays des grands trusts, ont manqué en Europe, et c'est pourquoi la concentration industrielle n'aboutit chez nous qu'exceptionnellement au trust. On peut dire, en définitive et pour conclure, que le trust, sous la forme où il a inquiété l'opinion américaine, était un accident économique plutôt que le résultat d'une évolution. La concentration vers laquelle, en Amérique, comme ailleurs — plus qu'ailleurs — évolue l'industrie ne menace ni la concurrence ni la liberté.

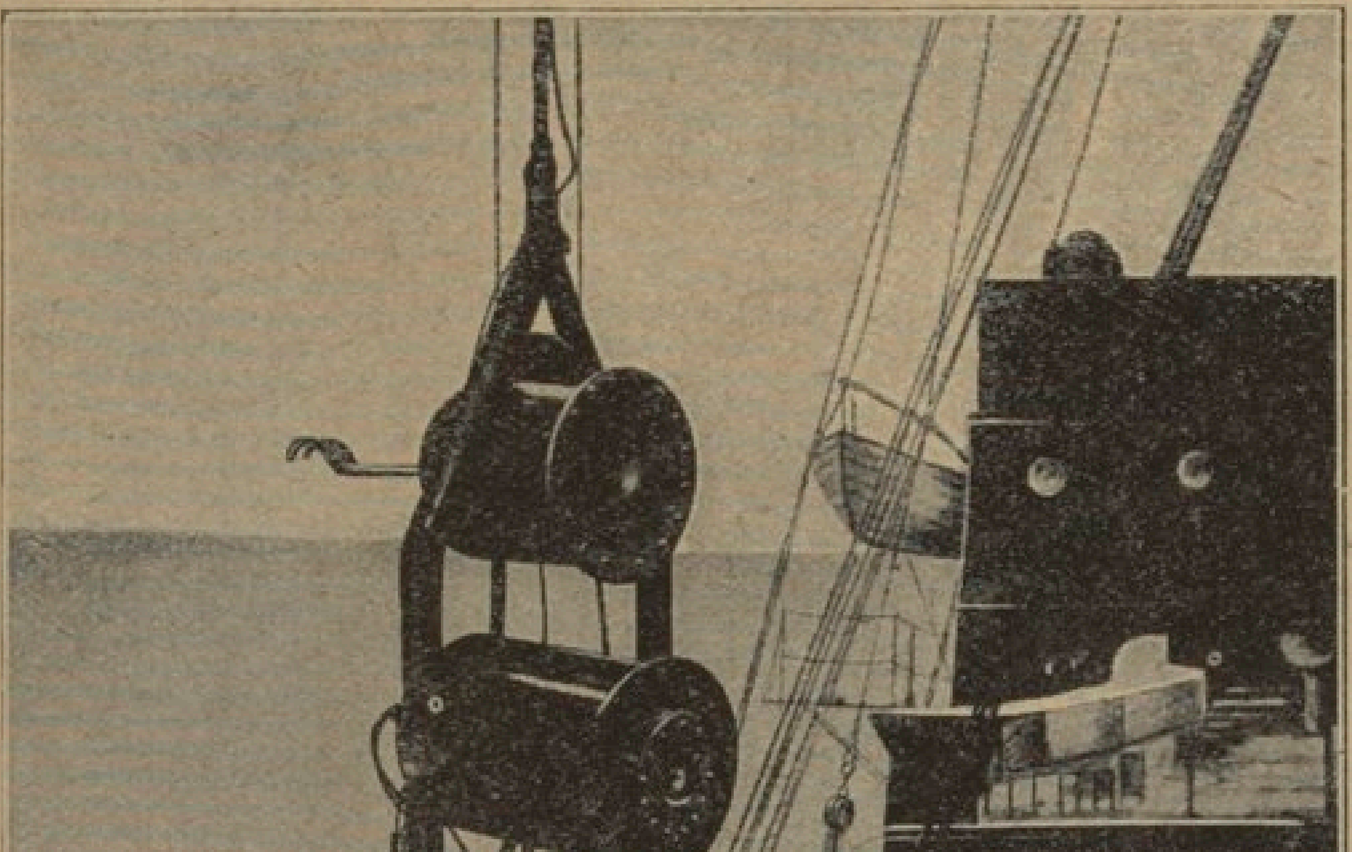
FIRMIN ROZ.

INSTANTANÉ PRIS AVEC L'APPAREIL WILLIAMSON ET MONTRANT DES PLONGEURS INDIGÈNES CHERCHANT A SAISIR DES PIÈCES DE MONNAIE JETÉES A LA MER

LA CINÉMATOGRAPHIE SOUS-MARINE

Par Yves LE GALLOUDEC

Il y a un certain nombre d'années, un M. Williamson, de Norfolk (Etats-Unis), inventa un tube plongeur d'une construction nouvelle, muni d'un appendice susceptible de permettre à un observateur la vision directe, bien que limitée, des paysages sous-marins. Comme tant d'autres idées, celle-ci ne prit pas corps à l'époque où elle germa, pour la raison, d'ailleurs, qu'il ne semblait guère possible de la commercialiser. Williamson avait en vue d'utiliser son appareil dans un but de démonstration, par exemple, pour étudier *de visu* une partie de la flore et de la faune sous-marines. Il y avait là de quoi tenter des savants, principalement des océanographes, mais ceux-ci s'abstinrent d'encourager l'entreprise; quant au public, il ne s'intéresserait guère à ces questions. Bref, les capitaux manquèrent, et l'invention resta sur le papier...



L'APPAREIL CINÉMATOGRAPHIQUE SOUS-MARIN CONSTRUIT PAR M. H. HARTMAN

La photographie nous le montre à bord du charbonnier « Vestal », de la marine américaine. Cet appareil, qui fonctionne automatiquement, a été étudié et construit pour supporter des pressions relativement considérables, permettant son emploi aux grandes profondeurs.

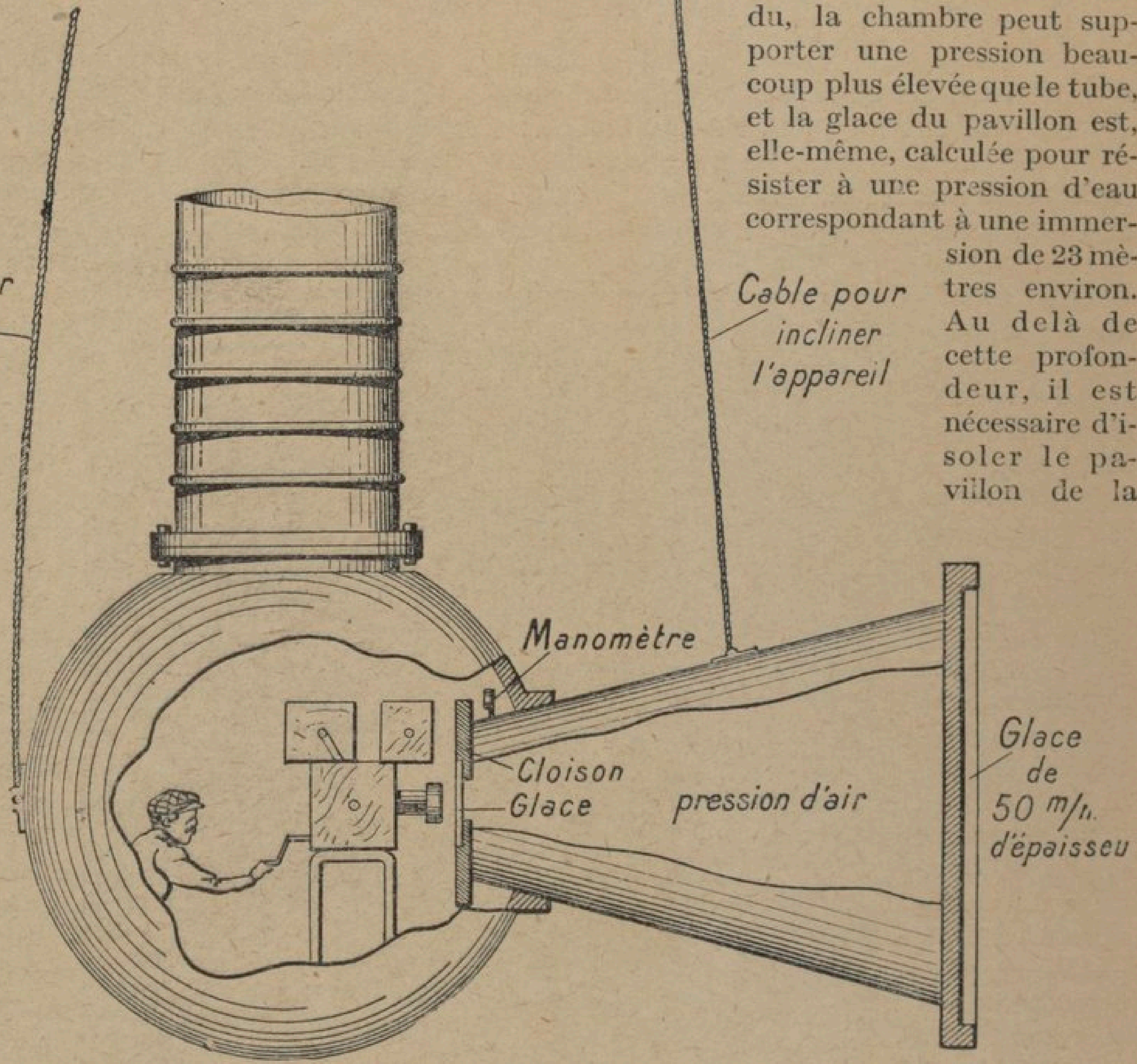
Plus tard, les deux fils de Williamson songèrent, cependant, à tirer parti des plans de leur père ; les temps avaient changé : l'engouement du public pour le cinématographe, encore à ses débuts, leur fut une révélation : ils utiliseraient le tube plongeur pour « tourner » des films instructifs qui remplaceraient pour le public l'observation directe impossible à réaliser pour tous, et même des films dramatiques, de beaucoup plus séduisants et... rémunérateurs. Avec une telle idée en tête, on ne reste pas longtemps sans argent au pays des dollars. Une compagnie fut rapidement fondée, et les frères Williamson se mirent au travail.

L'appareil que leur père avait inventé, et dont il leur fut donné de vérifier l'intelligente conception, consiste en un tube, fabriqué en toile très forte, imperméabilisée, renforcée par des cercles en acier ; il est fait de plusieurs

sections assemblées par des boulons avec interposition de couronnes en caoutchouc pour rendre les joints étanches. Cette construction, qui peut paraître bizarre ou pour le moins curieuse, a pour but de produire un tube flexible pouvant être replié sur lui-même ou, au contraire, développé à la manière d'un accordéon ou mieux encore d'un de ces lampions cylindriques dont nous faisions grande consommation avant la guerre. Ses longueurs minima et maxima sont dans le rapport de 1 à 2, puisque chaque section mesure environ 1 m. 20 de hauteur quand elle est repliée, et le double quand elle est développée. En dépit de son apparente fragilité, le tube de M. Williamson peut supporter une pression d'eau de près de 10 kilogrammes par centimètre carré.

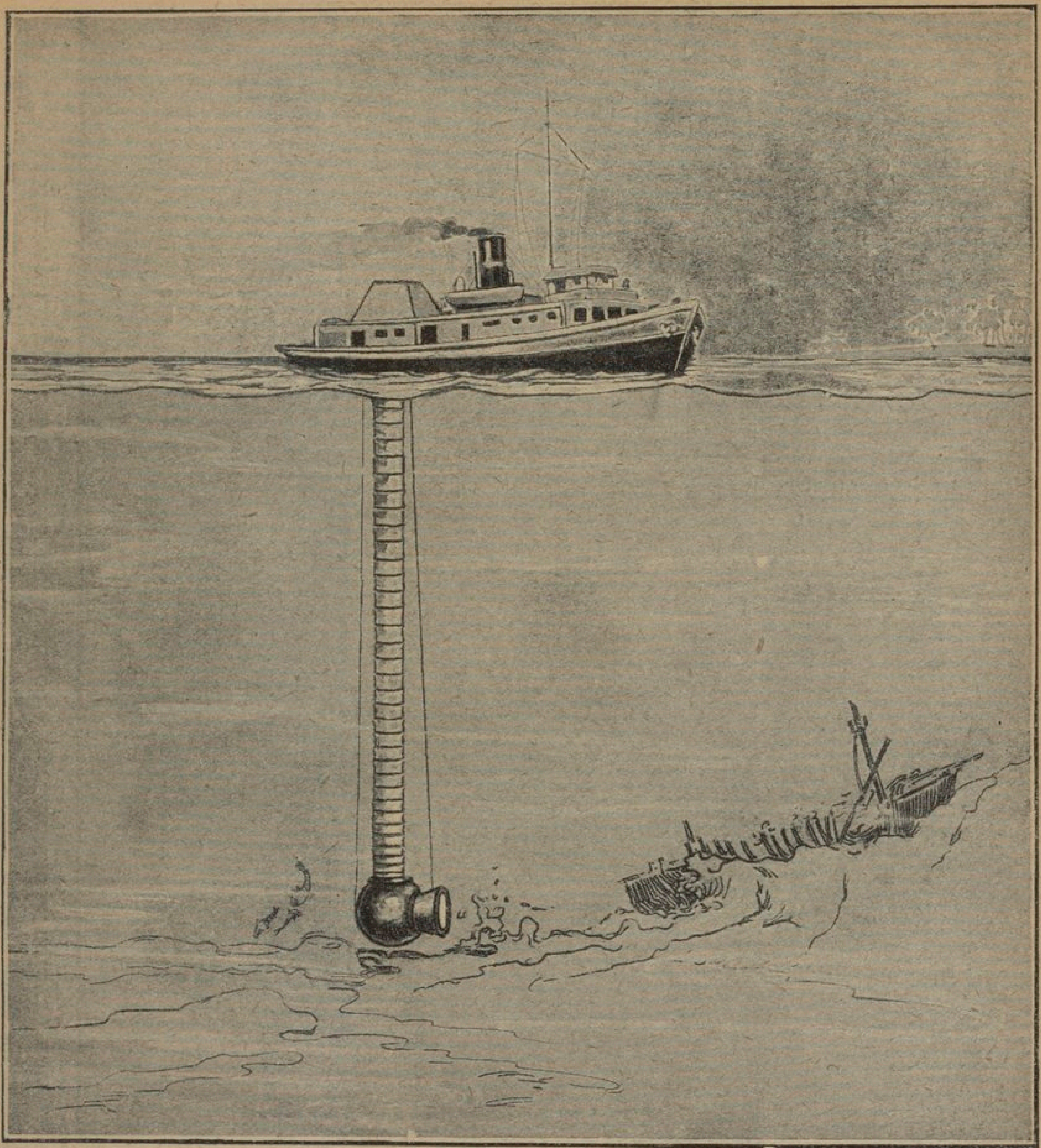
L'extrémité supérieure du tube pénètre dans un puits *ad hoc*, ménagé dans le fond du bateau qui sert à soutenir et à transporter l'appareil. L'autre extrémité est reliée à une chambre sphérique en acier, munie d'un appendice extérieur en forme de pavillon ou de cornet tronconique dont l'ouverture (la grande base du cône) est pourvue d'une glace de 1 m. 65 environ de diamètee et de 50 millimètres d'épaisseur, fabriquée en verre optique extrêmement pur, c'est-à-dire exempt des plus minuscules soufflures, pailles, etc... Bien entendu, la chambre peut supporter une pression beaucoup plus élevée que le tube, et la glace du pavillon est, elle-même, calculée pour résister à une pression d'eau correspondant à une immersion de 23 mètres environ. Au delà de cette profondeur, il est nécessaire d'isoler le pavillon de la chambre en installant une cloison métallique à son col (petite base du tronc du cône), comme il est montré sur le schéma ci-dessus. Le pavillon est ainsi transformé lui-même en une chambre dans laquelle il est possible d'introduire de l'air sous pression, de manière à équilibrer la pression extérieure de l'eau. Bien entendu, la cloison métallique est percée d'une petite fenêtre, munie également d'une glace d'un peu plus de 3 millimètres d'épaisseur. La pression d'air à l'intérieur du pavillon est contrôlée par un petit manomètre.

Bien qu'il soit préférable d'employer l'appareil lorsque le bateau est mouillé, le tube est néanmoins doué d'une rigidité suffisante pour qu'on puisse l'utiliser dév-



CHAMBRE SPHÉRIQUE DU TUBE WILLIAMSON ET SA CLOISON INTÉRIEURE

Cette cloison permet d'isoler le pavillon de la chambre aux fins d'équilibrer la pression extérieure, quand l'appareil est utilisé à des profondeurs où la limite de résistance de la glace se trouverait dépassée.

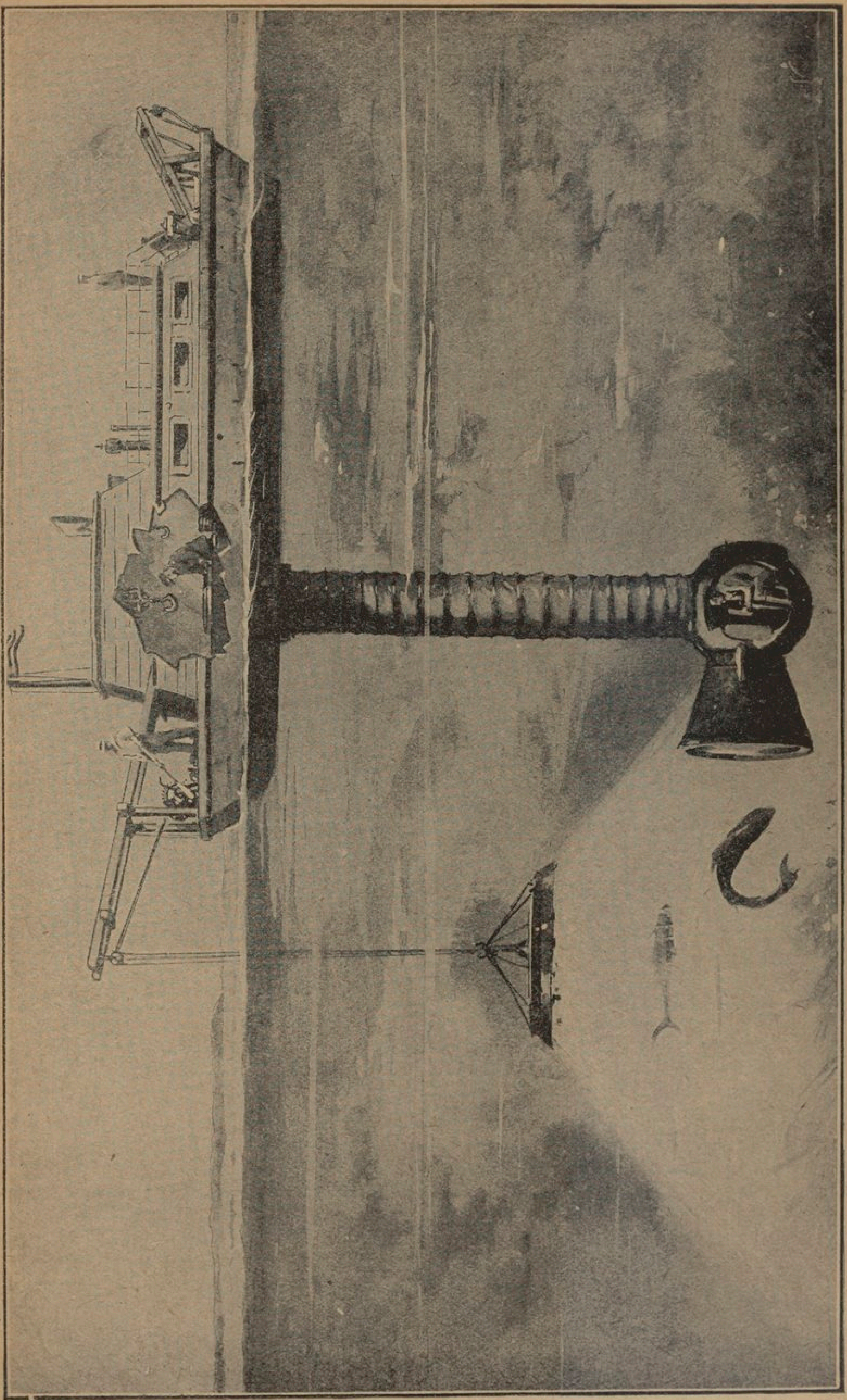


TUBE WILLIAMSON NON COMPLÈTEMENT ALLONGÉ POUR PRENDRE DES VUES A DE FAIBLES PROFONDEURS ET SANS LE SECOURS D'UN ÉCLAIRAGE ARTIFICIEL

loppé, quand le navire marche à petite vitesse, à condition, bien entendu, que les courants soient faibles et la mer très calme.

Les films des frères Williamson

Encouragés par les résultats d'une longue série d'expériences préliminaires et familiarisés avec la manœuvre de leur appareil, les frères Williamson s'en furent croiser, avec le petit navire acheté et aménagé par eux, aux fins de leur entreprise, au large de l'île Waling, près des îles Bahama (nord de Cuba), où l'histoire relate que Christophe Colomb prit pied sur le Nouveau Monde. Ce n'est pas au hasard qu'ils avaient choisi l'endroit, ni pour se rendre les augures favorables... mais bien parce que tout y concourait à servir leurs desseins : le fond de la mer y est garni de magnifiques bancs de corail, l'eau y est d'une limpidité extraordinaire et la pureté du ciel y est telle que les rayons solaires brillent dans ces parages avec un éclat incomparable. L'éclairement des premières couches sous-marines est donc tout à

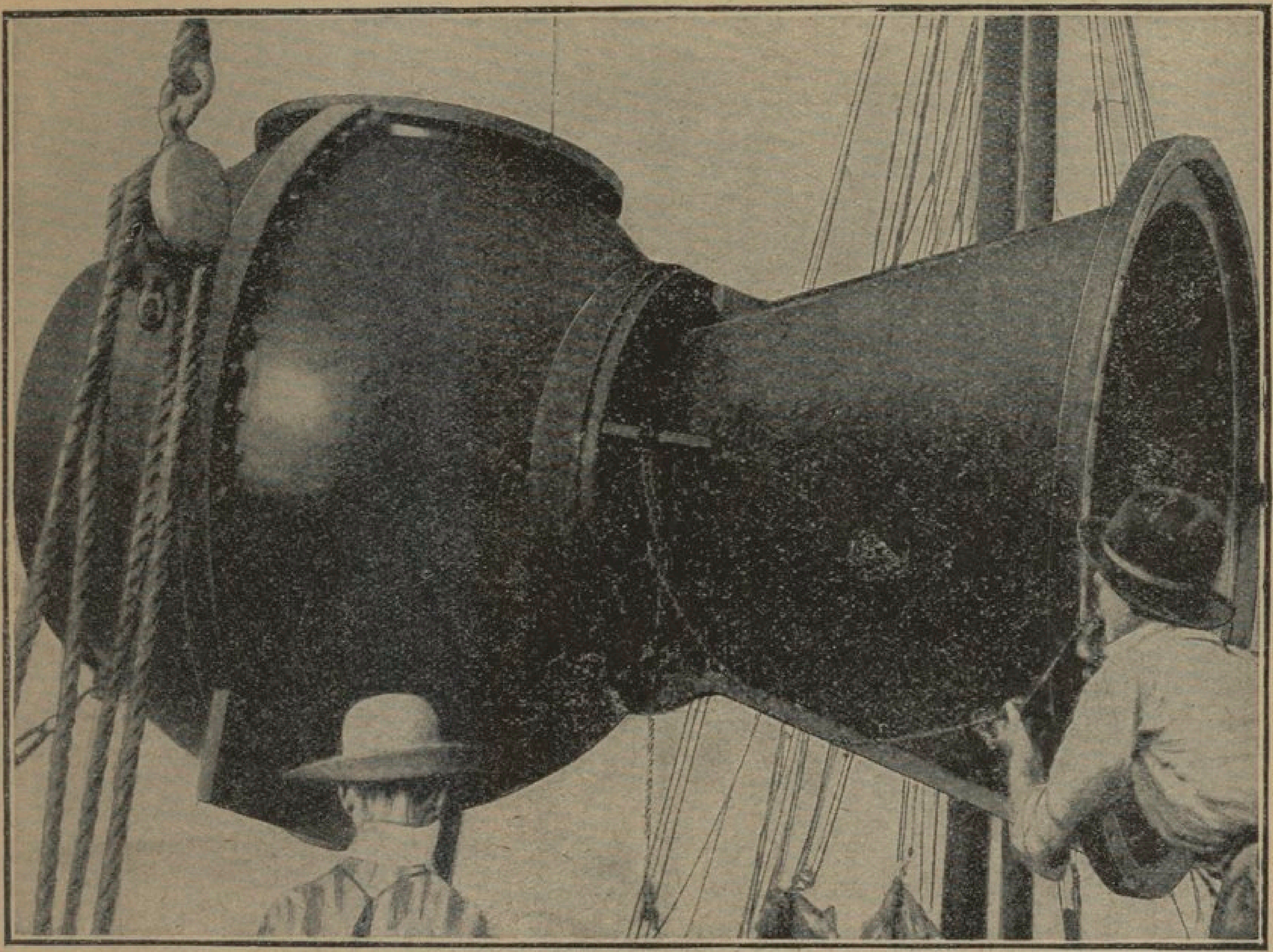


LE TUBE WILLIAMSON EMPLOYÉ AUX GRANDES PROFONDEURS EN COMBINAISON AVEC UN PROJECTEUR ÉLECTRIQUE

La chambre de l'opérateur se trouve à l'extrémité du tube en forte toile, lequel peut se développer et se replier un peu à la façon d'un accordéon.

fait exceptionnel et dispense pour opérer d'employer une source artificielle de lumière.

Le premier film que réussirent en cet endroit idéal les frères Williamson fut intitulé par eux *Vingt lieues sous la mer* ; il reproduisait une série de paysages sous-marins qu'animaient des poissons aux formes singulières, des plongeurs indigènes allant saisir sur le fond la menue monnaie qu'on leur lançait du pont du bateau, et jusqu'à un



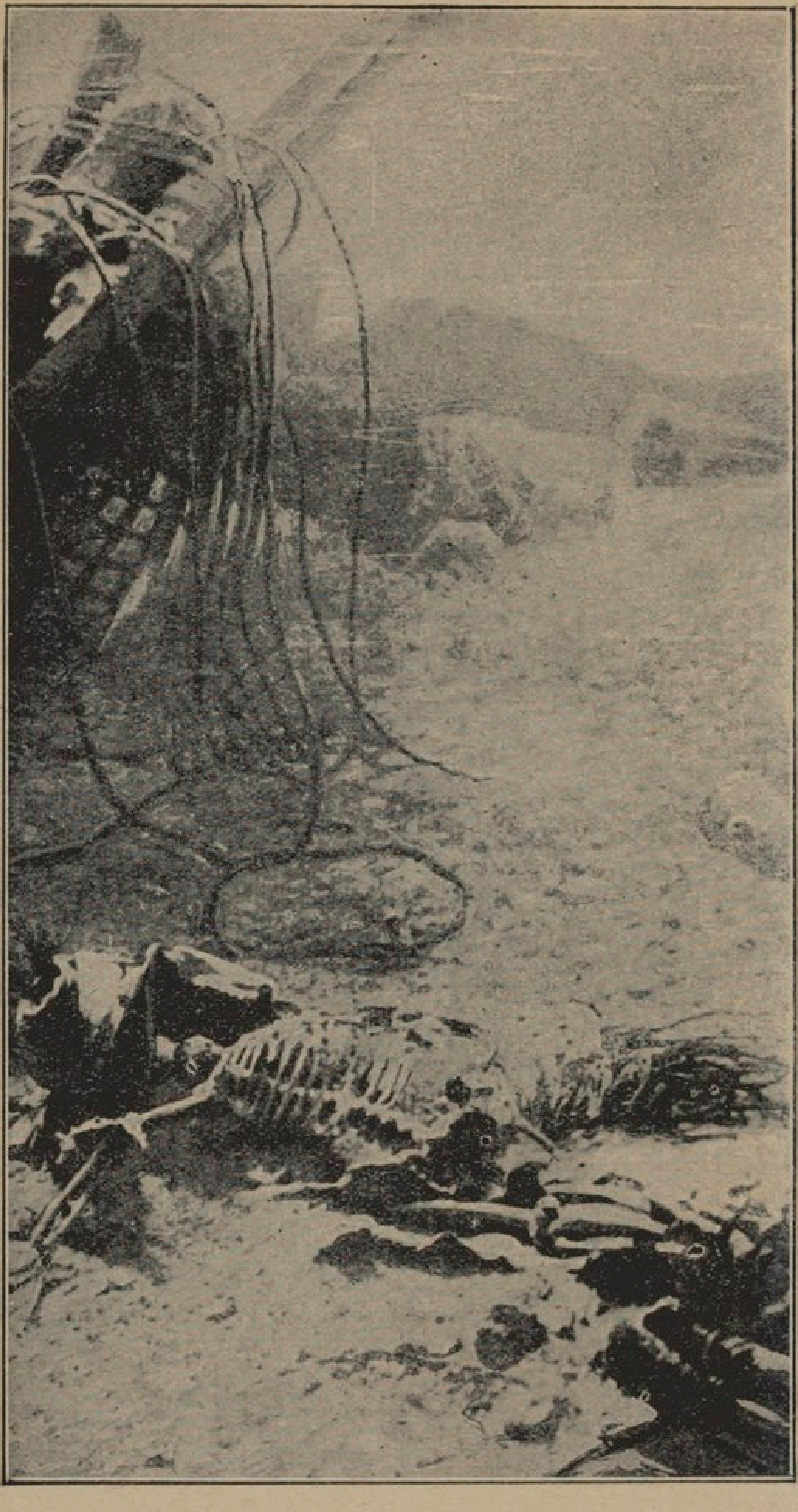
VUE GÉNÉRALE DE LA CHAMBRE PHOTOGRAPHIQUE ET DE SON PAVILLON

combat réel (dont, bien entendu, l'issue avait été favorisée) entre un scaphandrier et un requin. Le squale avait été attiré sur les lieux au moyen de la carcasse d'un cheval suspendue contre la coque. Ce film fit le tour des Etats-Unis et même de l'Europe ; il fut, notamment, projeté sur l'écran à Paris, où il souleva un enthousiasme légitime.

Vingt lieues sous la mer, c'était déjà presque le titre de ce roman merveilleux où, magistralement, Jules Verne témoigna de ses vues prophétiques. Du nom de cet auteur, les frères Williamson avaient baptisé leur bateau, ce qui montre bien que, dès le début de leur entreprise, ils avaient caressé l'idée de reproduire sur l'écran, grâce à leur ingénieux appareil, les principaux épisodes de l'ouvrage féerique et passionnant. La tâche n'était pas petite, et l'on comprend bien que leur tube plongeur n'en aurait pas, à lui seul, assuré la réalisation. Quoi qu'il en soit, *Vingt mille lieues sous la mer*, avec le *Nautilus* et son fameux commandant Nemo, le cimetière sous-marin, les fusils électriques, etc., reproduits avec une fidélité incroyable, sont bien l'entreprise la plus belle et la plus hardie que les annales cinématographiques aient jamais enregistrée. L'auteur de cet article a vu le film dans un « movies » de New-York, puis, de nouveau, à Washington, où son succès de curiosité allait croissant. Les Williamson ne s'arrêteront pas en si beau chemin, comme bien on pense ; un troisième film, un drame intitulé : *l'Œil sous-marin*, dont nous sommes à même de reproduire ici quelques vues, est sorti, il y a quelques mois, et la série n'est pas close...

L'appareil Hartman

L'eau est presque impénétrable à la lumière ; nous l'avons tous appris au collège, mais beaucoup ont tendance à l'oublier ; il



PORTION DU FILM INTITULÉ « L'ŒIL SOUS-MARIN »

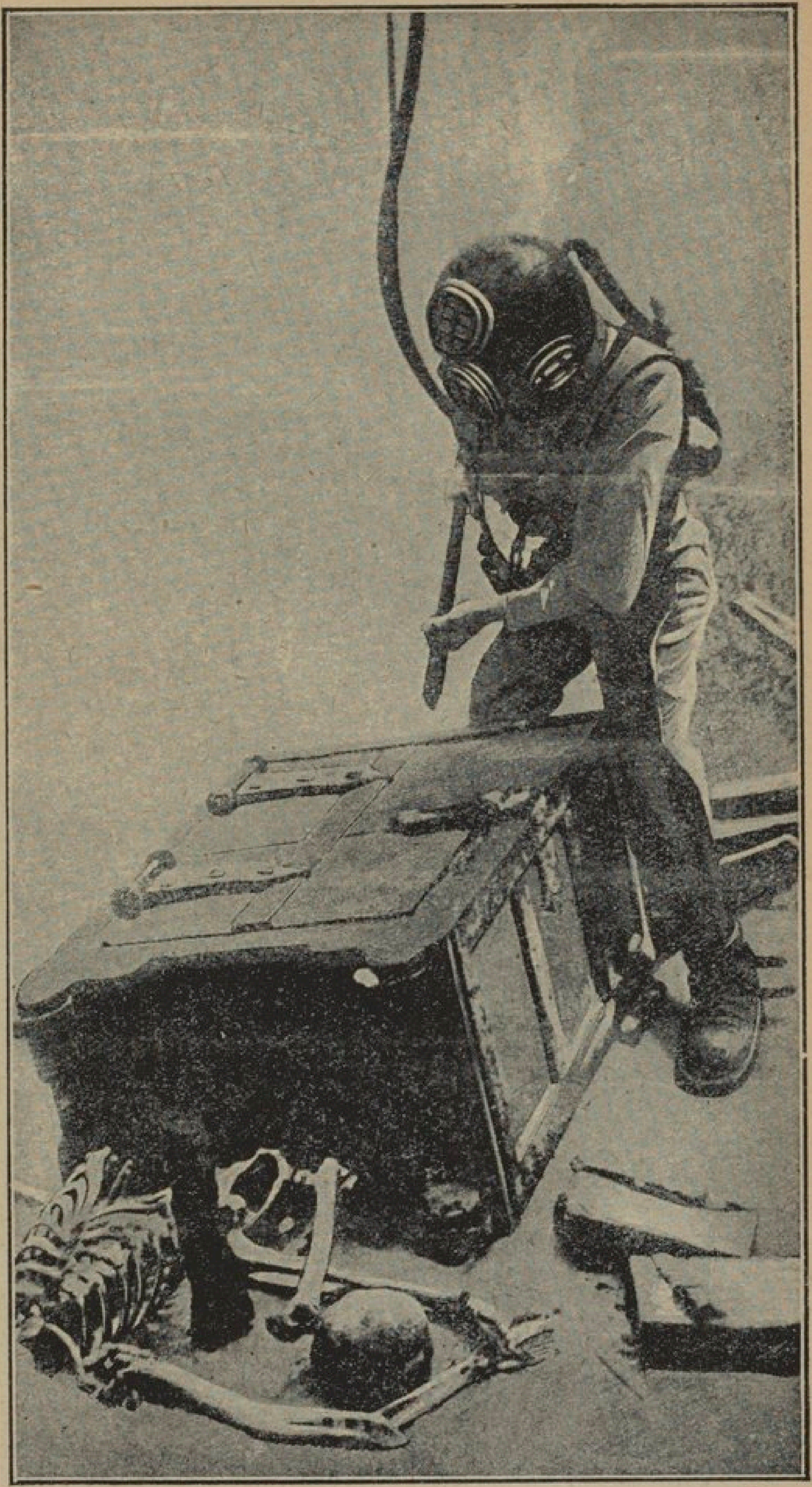
On voit ici le squelette d'un scaphandrier qui a péri alors qu'il explorait une épave et dont les restes ne purent être retrouvés que bien longtemps après.

des ondes lumineuses visibles ; celles-ci ne peuvent donc passer librement à travers les interstices de la matière ; elles sont fortement dispersées et, par conséquent, d'autant plus arrêtées que la couche liquide est épaisse. Si cette opacité relative de l'eau était bien présente à l'esprit de tous, on ne proposerait pas si souvent, pour la chasse aux sous-marins et leur destruction, le forcement des barrages, la traversée des champs de mines. etc., l'emploi du projecteur électrique ou du télescope sous-marin. En réalité, par mer plate, quand l'eau est extrêmement claire et l'intensité de l'éclairage solaire idéale, on ne peut, a déclaré et vérifié M. Harold A. C. Sintzenich, qui « tourna » le film le plus récent des frères Williamson, prendre aucune photographie au delà de 25 mètres de profondeur sans le secours d'un éclairage artificiel, et, en moyenne, M. Sintzenich n'a opéré qu'à une dizaine de mètres au-dessous de la surface. Dans les conditions les plus favorables, et à une profondeur de 10 à 15 mètres, l'eau apparaît de couleur verte, suivant un dégradé dont les teintes les plus sombres sont, évidemment, dans le fond et les plus claires en avant de la glace du pavillon. Dans les eaux tropicales, éclairées avec une intensité exceptionnelle, des photographies sous-marines peuvent être prises, à 10 mètres au-dessous du niveau de la mer, en instantané au centième de seconde. Si l'on a recours à un éclairage artificiel, utilisant des lampes pouvant supporter la pression d'eau (les lampes à vapeur de mercure ont, jusqu'ici, donné les meilleurs résultats,

ne leur apparaît pas qu'un milieu si transparent à l'état pur — et l'eau de mer, à quelque distance de la côte, est vraiment limpide — puisse absorber à ce point les rayons lumineux. Ce phénomène, en apparence paradoxal, s'explique pourtant très simplement par ce fait que les dimensions des molécules d'eau sont relativement grandes par rapport aux longueurs moyennes

surtout par ce fait qu'elles sont riches en radiations violettes et ultra-violettes, c'est-à-dire de courtes longueurs d'onde), on peut, évidemment, opérer plus bas. Les frères Williamson ont pris, par ce moyen, des photographies à 58 mètres de profondeur. Ils ne pouvaient descendre davantage, car il est aisé de comprendre que le tube plongeur ne saurait être construit en

des longueurs considérables, ni s'allonger indéfiniment. Il ne faut donc pas s'étonner si, l'idée lancée et l'inconvénient reconnu, d'autres chercheurs se soient préoccupés d'explorer le domaine que les Williamson ne pouvaient atteindre. L'un d'eux, M. Hartman, a inventé et fait construire un appareil qui permet de cinématographier à de grandes profondeurs, ainsi qu'en ont fait foi les essais conduits récemment du bord du charbonnier *Vestal*, que la Marine américaine avait gracieusement mis à la disposition de l'inventeur. Nous devons à l'obligeance de la *Submarine Exploration Company*, qui a construit et exploité l'appareil, d'en pouvoir donner ici une bonne reproduction photographique (page 397). Comme on peut le voir, il consiste en trois cylindres superposés, assemblés, suspendus et maintenus en position par un cadre rigide en acier. L'ensemble est complété par un amortisseur dont la tige se termine par une boule. On comprend de suite que l'amortisseur est destiné à empêcher que le choc de l'appareil arrivant plus ou moins brutalement au contact d'un fond dur ne détériore le mécanisme délicat qu'il renferme. D'autre part, cet amortisseur est construit de telle façon que si la boule vient à s'engager dans des algues, ou rencontre un obstacle quelconque, une traction d'une centaine de kilogrammes suffit à l'arracher et, par suite, à dégager l'appareil. Au-dessus de l'amortisseur se trouve le gyroscope, utilisé comme stabilisateur et pour combattre les vibrations de l'appareil. Le même compartiment renferme une batterie d'accumulateurs alimentant le moteur qui sert à lancer le tore du gyroscope et à le maintenir en parfaite rotation.



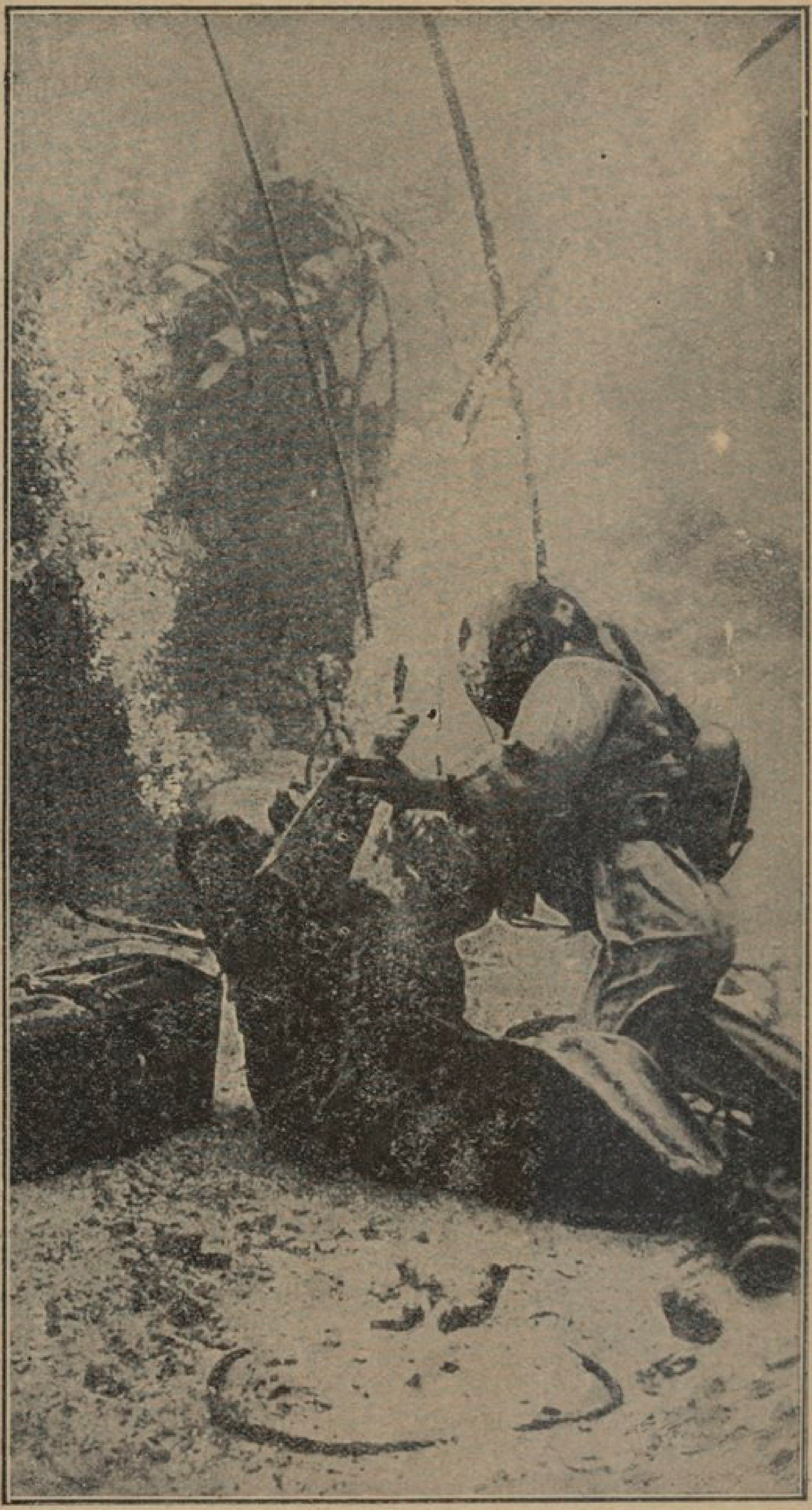
AUTRE EXTRAIT DU FILM « L'ŒIL SOUS-MARIN »

Tout près de l'épave et du squelette de son devancier, le scaphandrier a trouvé un coffre-fort qu'il s'efforce de fracturer pour en découvrir le contenu.

Pour pouvoir prendre des vues dans toutes les directions, il est nécessaire que l'appareil puisse tourner dans le plan horizontal ; il est, à cet effet, muni d'un propulseur spécial logé, avec son moteur, dans le plus petit cylindre, celui du dessus. Comme ce moteur est beaucoup plus puissant que celui du gyroscope, on ne pouvait songer à l'alimenter par des accumulateurs ; aussi est-il relié, par l'intermédiaire d'un câble, courant à l'intérieur du tube, à une source de courant portée par le navire convoyeur. L'hélice, son arbre et les portées sont fabriqués en acier au manganèse, alliage résistant qui ne peut être attaqué par l'eau de mer.

Le cylindre du milieu renferme l'appareil cinématographique. Il est fermé sur le devant par un couvercle d'acier percé d'une ouverture dans laquelle la lentille, très épaisse est enchâssée avec le plus grand soin, l'appareil devant demeurer parfaitement étanche aux plus fortes pressions. Ce compartiment renferme aussi le tableau de distribution d'où rayonnent les différents conducteurs, l'appareil de mise au point, le mécanisme qui sert à incliner et à faire tourner le cylindre, celui qui commande la manœuvre de l'obturateur, un petit microphone, etc...

L'appareil de mise au point est particulièrement intéressant. Par une simple pression sur un manipulateur, à bord du navire convoyeur, son réglage peut être modifié à volonté ou passer continuellement par une série de phases pré-établies. Cet arrangement se résume en un ingénieux artifice par lequel une même vue est photographiée plusieurs fois avec, chaque fois, une mise au point différente, ce qui fait que si certaines vues sont inutilisables en raison d'un manque de netteté, d'autres sont nécessairement parfaitement claires. L'obturateur peut également fonctionner sans arrêt ou, au contraire, d'une façon intermittente ou seulement par occasion, en manœuvrant un interrupteur *ad hoc*, de sorte que l'on peut, à volonté, soit prendre des vues animées, soit simplement photographier. Ceci, conjointement aux mouvements de rotation et d'inclinaison que peut exécuter le système, donne à l'instrument la souplesse des cinématographes terrestres. Le cylindre qui le renferme peut tourner soit indépendamment, soit en combinaison avec le projecteur électrique, dont, nécessairement, l'appareil doit être muni pour photographier à travers des couches liquides où la lumière du jour ne saurait pénétrer.



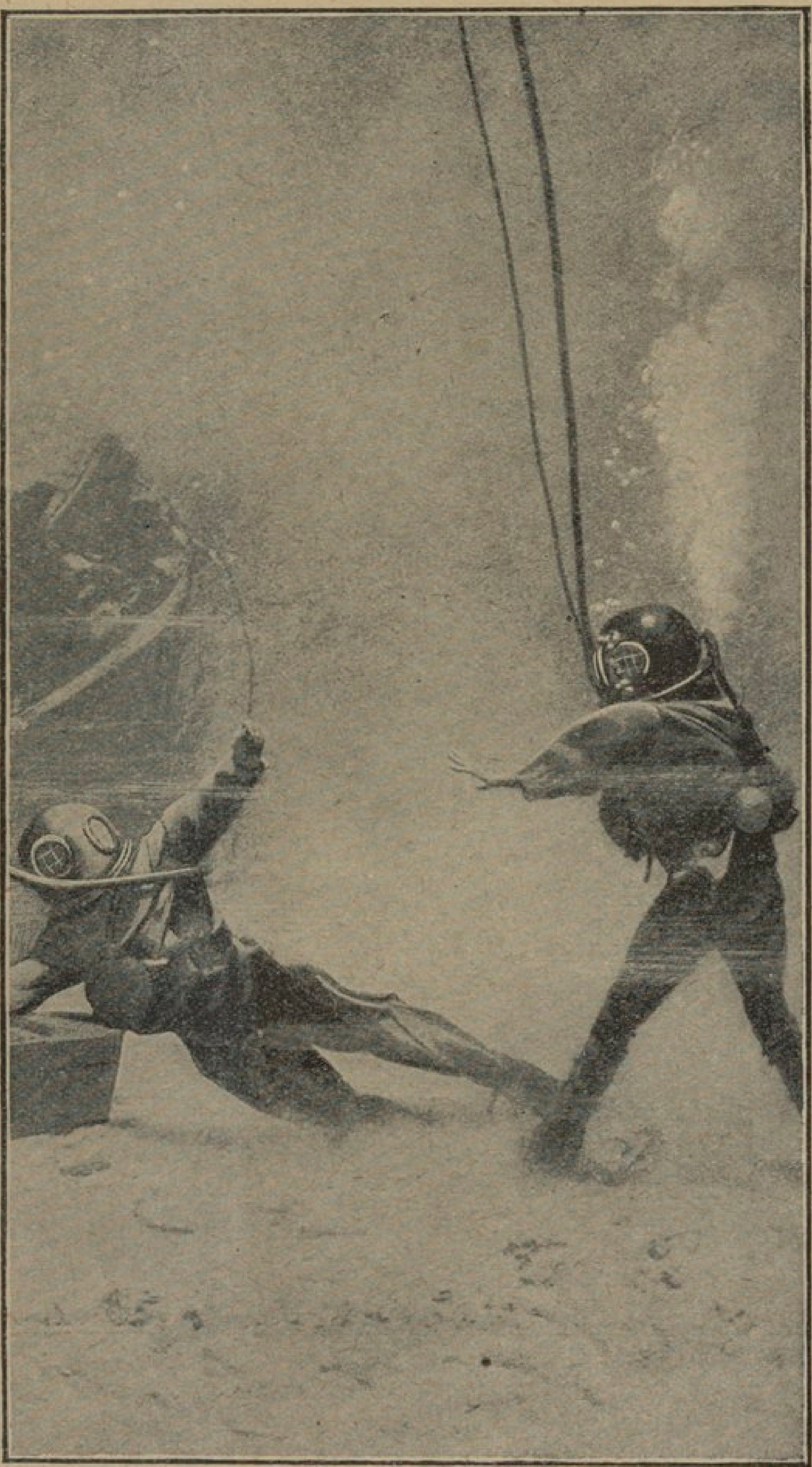
UN DUEL ENTRE DEUX SCAPHANDRIERS

En essayant de couper le tuyau d'air de son rival, celui qui a trouvé le trésor sectionne son propre tuyau respiratoire et il est en passe de périr asphyxié.

L'inventeur n'a pas fait connaître d'une manière précise le genre de lampe employée dans son projecteur, mais on sait néanmoins que ce dernier consiste en un réservoir renfermé dans le compartiment cylindrique du bas, rempli d'azote fortement comprimé qui pénètre, au moyen d'une soupape adéquate, dans l'ampoule à multiples filaments métal-

liques constituant la lampe. La pression de l'azote dans l'ampoule est modifiée automatiquement et proportionnellement à la pression extérieure. Le courant parvient à la lampe par une dérivation prise sur le câble qui alimente le moteur du propulseur.

L'ensemble de l'appareil pèse 680 kilogrammes, mais seulement une cinquantaine quand il est immergé. Toutes ses parties sont éprouvées sous une pression de 35 kilogrammes par centimètre carré, qui correspond approximativement à une profondeur d'eau de 300 mètres. Un courant d'environ 100 ampères sous 120 à 140 volts est nécessaire pour le fonctionnement normal du projecteur et des différents moteurs.



L'ÉPILOGUE DU DRAME SOUS-MARIN

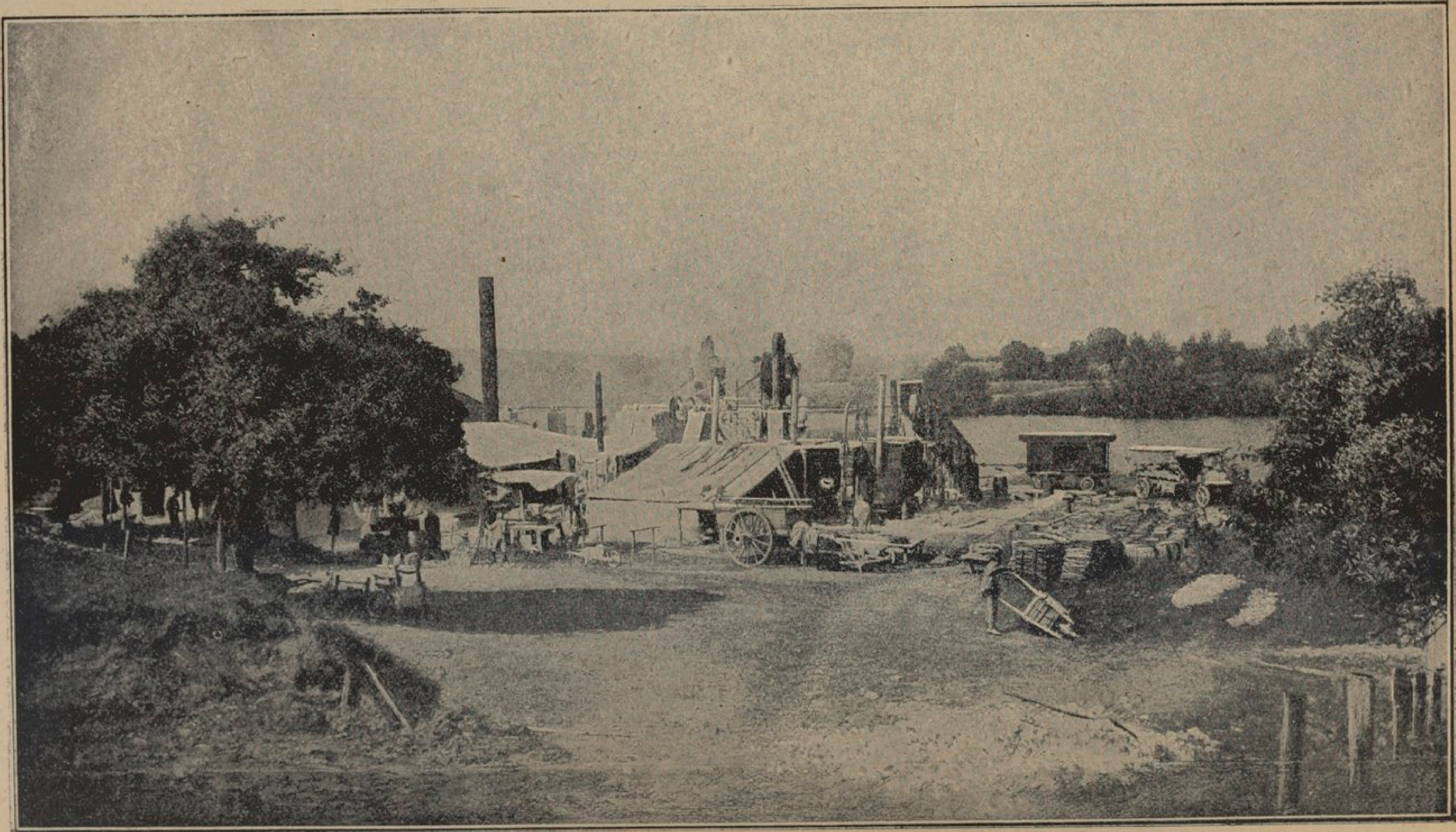
Le scaphandrier resté relié au navire par son tube à air assiste, absolument terrifié, à la mort de son camarade, qu'il lui est impossible de secourir.

La recherche des navires coulés

Il n'est guère besoin de souligner la valeur pratique que peut présenter un appareil cinématographique du genre de celui que M. Hartman a construit. Laissant de côté les considérations purement scientifiques de la contribution qu'il pourra apporter à l'océanographie, c'est-à-dire à l'étude du domaine sous-marin, on conçoit qu'il pourra être d'une utilité considérable dans les opérations de relevage des navires ou d'exploitation des épaves, surtout dans le travail préliminaire qui consiste, le navire ou l'épave étant localisé, à obtenir sur sa position, son état, etc... les renseignements nécessaires pour entreprendre avec succès les opérations ultérieures. Cette tâche préliminaire est confiée pour l'instant à des scaphandriers, tout au moins dans la limite des profondeurs où il leur est possible d'opérer ; au delà, c'est l'inconnu et, bien entendu, l'impossibilité de tenter quoi que ce soit. Mais, là même où peuvent travailler des plongeurs, il faut à ces derniers beaucoup de temps pour recueillir les indications demandées et, dans l'impossibilité où ils sont de prendre des notes, de faire des croquis, les informations qu'ils rapportent sont loin d'être complètes et de présenter toute l'exactitude désirable. Une série de bonnes photographies prises sous différents angles, serait, on le conçoit, bien autrement intéressante.

YVES LE GALLOUDEC.

L'USINE DE « MONOLASTIC » INSTALLÉE SUR LES BORDS DE LA SEINE



C'est dans cette usine entre Rosny et Rolleboise, que se préparent les matériaux employés à la réfection de la route de Normandie, dont toute la partie dite « Route de Quarante-Sous » est déjà complètement terminée.

LA RÉFECTION DES ROUTES EN VUE DE LA CIRCULATION AUTOMOBILE

LA PISTE DE SAINT-GERMAIN A MANTES

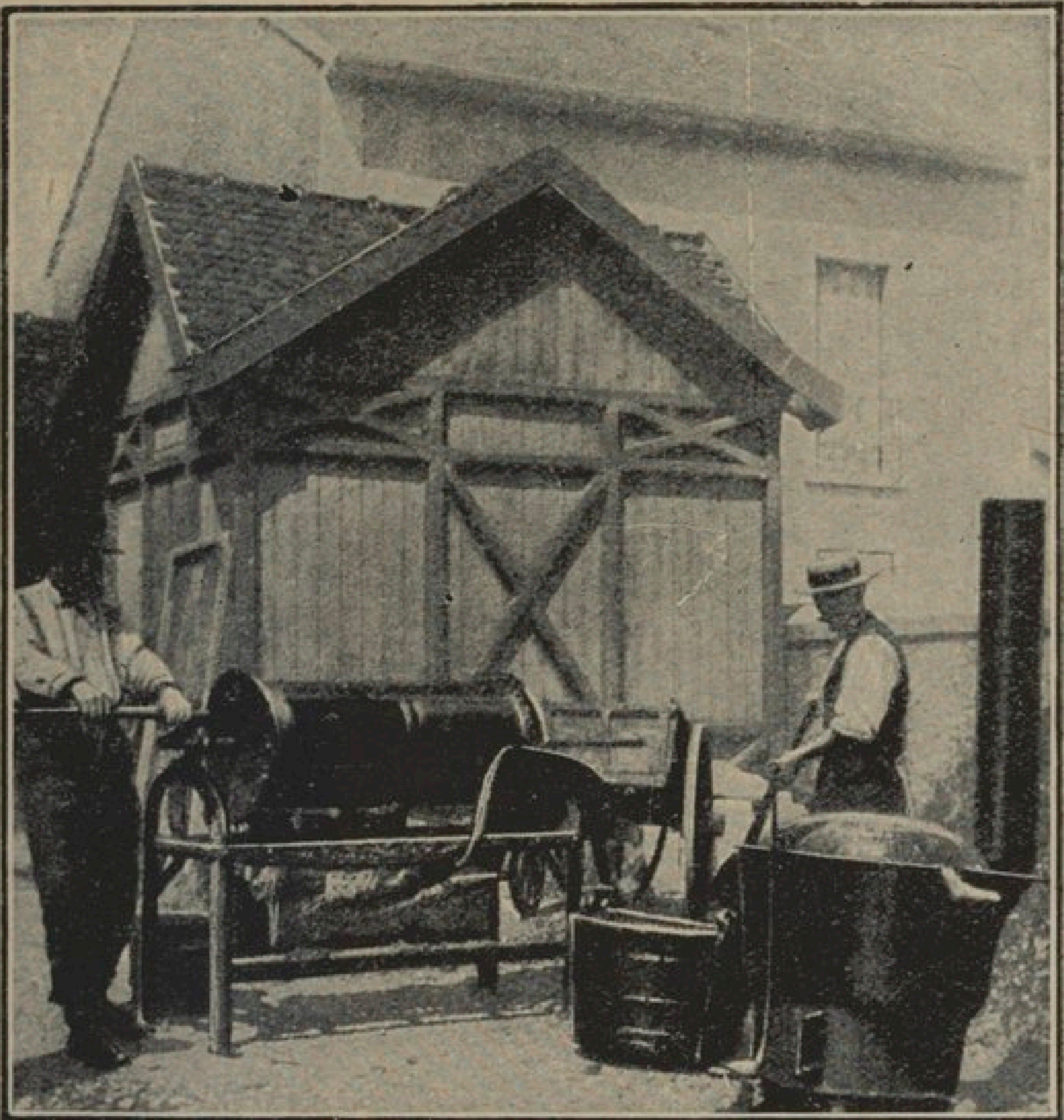
Par Paul MEYAN

Nous avions, disait-on, les plus belles routes du monde, et cette réputation était si bien acquise, si bien justifiée que, lorsque l'automobilisme, né en France, en eut franchi les frontières, c'est chez nous que l'étranger revenait pour rouler sur nos routes si belles, si bonnes et si libres. Que sont-elles devenues aujourd'hui ? Nous ne parlerons pas de celles de nos départements envahis, dont l'état ne peut être que lamentable, mais des autres que l'on a, depuis trois ans, négligées, abandonnées presque, faute d'argent et de main-d'œuvre.

C'est un patrimoine important que le réseau routier français. Le dernier recensement, à notre connaissance, a donné les longueurs suivantes des diverses catégories de ces artères :

Routes nationales..........	km.	38.179
Routes départementales.........		14.564
Chemins de grande communication		172.070
Chemins d'intérêt commun......		71.412
Chemins vicinaux..............		281.690

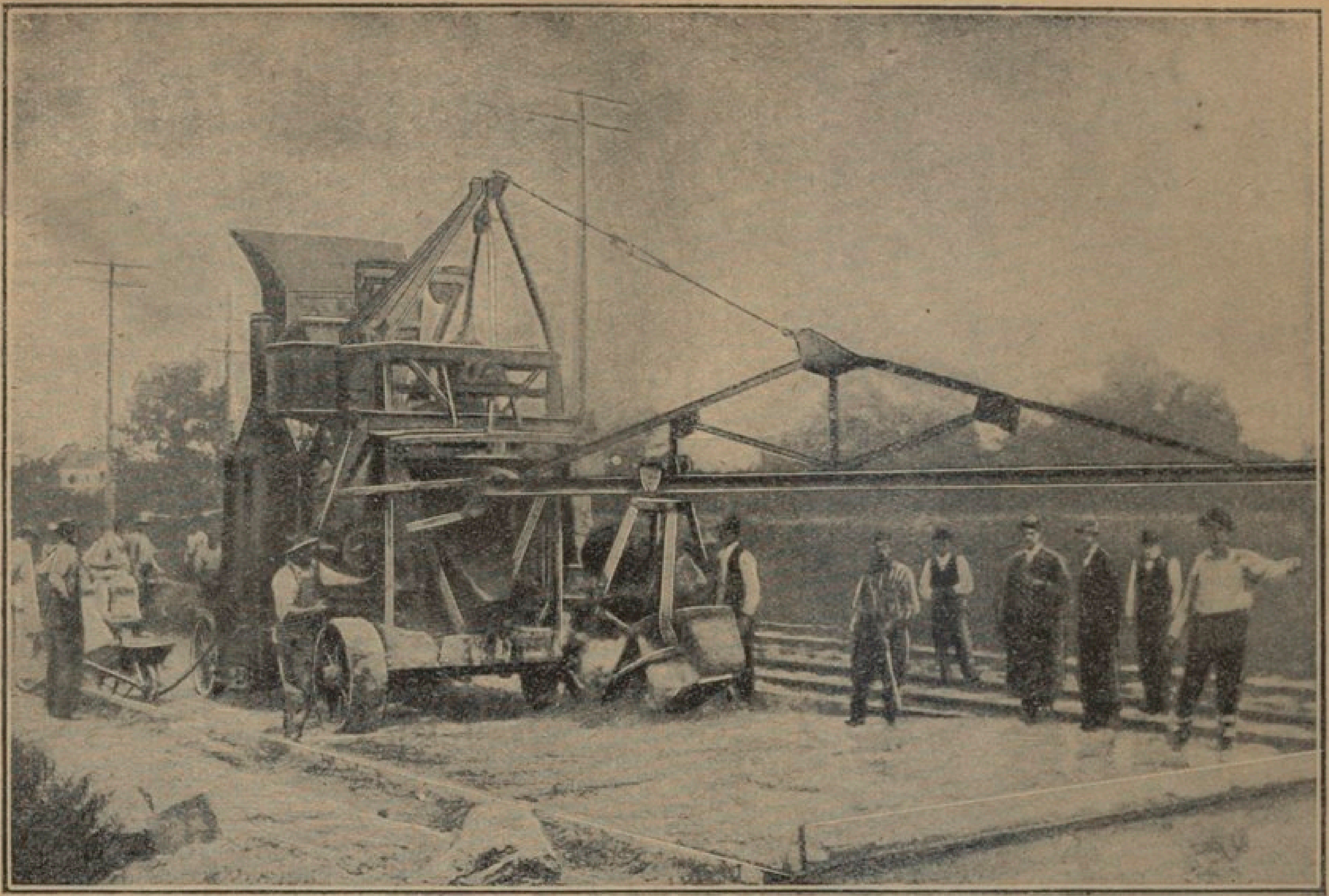
Ce total respectable de 577.915 kilomètres de routes a donné lieu, pour les quatre premiers groupes, à une dépense de premier établissement de 4 milliards et demi, en chiffres ronds; en y ajoutant celle des chemins vicinaux ordinaires, environ 1 milliard 200 millions, on obtient pour cet immense réseau 5 milliards 700 millions de francs. Ce capital fortement ébréché par la guerre, l'automobile avait, depuis vingt ans, commencé à l'entamer. Jusqu'au jour où naquit le nouveau mode de locomotion, la route n'avait connu que deux ennemis, l'eau et le pied du cheval, et l'on avait appris depuis longtemps à s'en défendre. Si l'on consulte nos cartes d'état-major, on découvre encore, de-ci de-là, des « chaussées romaines », des chaussées de Brunehaut, qui témoignent, tout au moins pour elles, d'une longévité sérieuse ; nous connaissons aussi le « pavé du roi », qui, pour être moins vieux, n'en a pas moins fait preuve d'une remarquable résistance. On savait donc, depuis longtemps, construire des routes solides, leur préparer des fondations suffisantes, pour que l'on n'ait eu, au cours des ans, qu'à les entretenir sérieusement, pour les conserver dans un bon état de viabilité.



MACHINE A GOUDRONNER LES CAILLOUX

Cet appareil imaginé par M. V. Luya, est, grâce à ses dimensions réduites, tout indiqué pour les travaux partiels et l'entretien des revêtements goudronnés.

Il est certain qu'un pavage en pierres, bien fait, possède la propriété de résister à toutes les causes de détérioration des chaussées. Neuf, il offre aux divers véhicules la meilleure



MACHINE ROULANTE POUR DÉVERSER LE CIMENT SUR LA ROUTE A CONSTRUIRE

Le béton de ciment préparé dans les malaxeurs passe dans une benne portée par un chariot qui se déplace sur un rail aérien. Au point voulu, la benne s'ouvre et le ciment s'étale sur le sol.

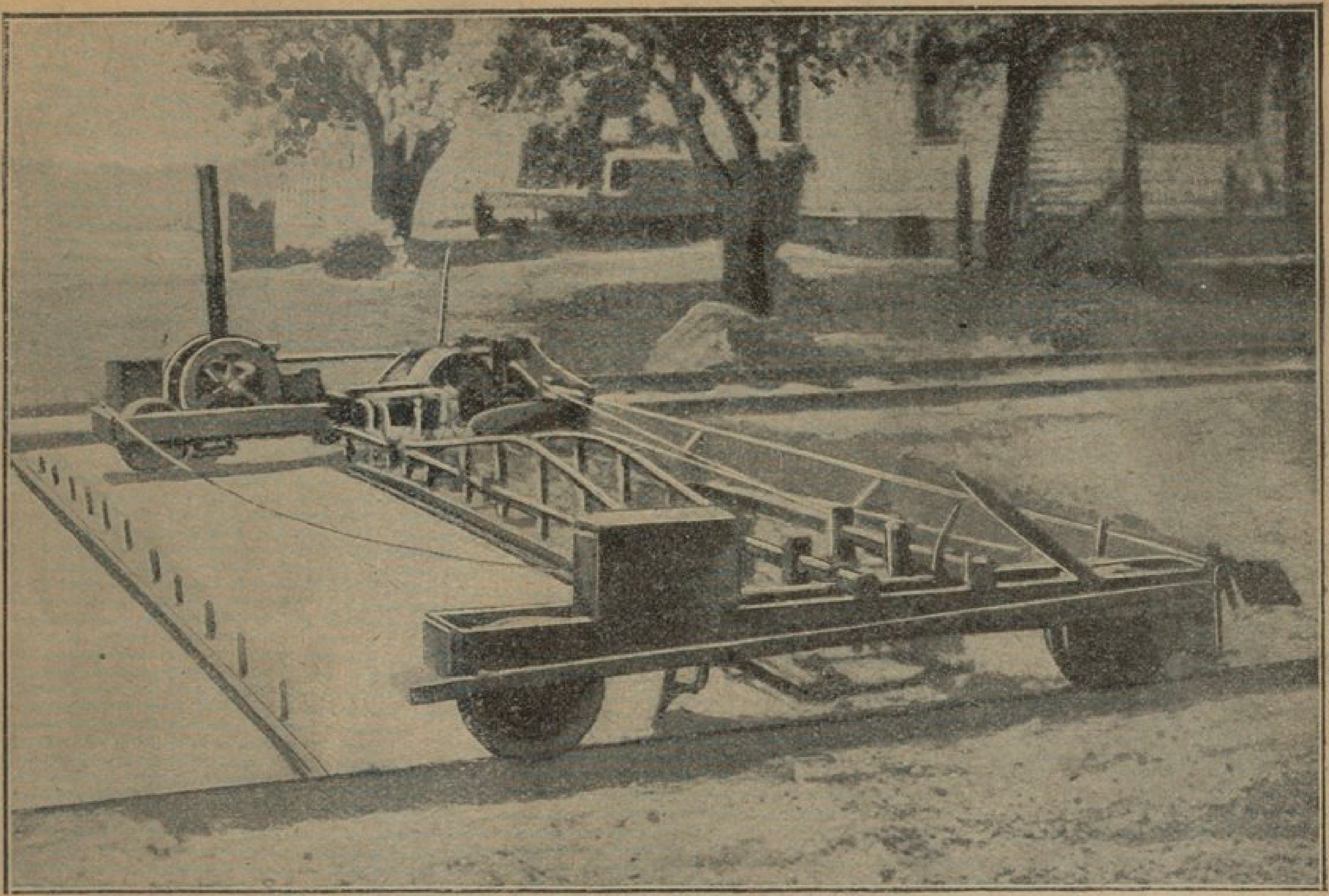
surface de roulement ; l'usure est lente ; il produit peu de poussière, mais il est dur aux pieds du cheval. S'il n'est pas établi sur de parfaites fondations, il deviendra d'autant plus vite mauvais qu'il suffira de l'affaissement d'un seul pavé, ne fût-ce que d'un centimètre ou deux, pour entraîner rapidement et infailliblement l'affaissement des pavés voisins, sous les chocs répétés des roues ferrées ; or, l'usager de la route sait combien rien n'est pire qu'un mauvais pavé.

Il faut de bons paveurs pour établir un bon pavage ; et, paraît-il, nous n'avons plus de bons paveurs, de ceux qui savent mesurer sous chaque pavé la quantité de sable nécessaire, qui ne se contentent pas d'aligner en les tassant à coups de masse les cubes qui dépassent, mais dosent et règlent à la main le coussin de sable, souple et élastique, sur lequel s'appuie le petit bloc de grès. Le prix de revient des chaussées pavées est très élevé (22 à 25 francs le mètre carré), leur entretien onéreux ; aussi ce procédé de revêtement s'emploie de moins en moins et est réservé aux traverses de villes et aux abords d'usines et de gares où se font les lourds transports. On ne compte plus aujourd'hui que 2.000 kilomètres environ de routes pavées, toutes situées dans les départements de la Seine, Seine-et-Oise, Aisne, Gironde, Nord, Oise et Pas-de-Calais.

En Hollande, il existe bon nombre de routes en briques posées de champ qui sont d'un roulement idéal tant qu'elles sont neuves, mais qui deviennent presque impraticables dès qu'elles commencent à s'user.

La presque totalité de nos routes avait été convertie, dès le début du XIX^e siècle, en chaussées empierrées d'après un type dérivé du procédé auquel l'Ecossais Mac-Adam a laissé son nom. C'est celui que nous connaissons encore : une couche de 15 à 25 centimètres d'épaisseur de cailloux mélangés à du sable, liés entre eux par de l'eau et soumis à l'action du rouleau compresseur. Pendant près d'un demi-siècle, on ne chercha pas à le perfectionner ; ce revêtement suffisait d'autant mieux que la création des chemins de fer avait détourné le grand trafic des routes, messageries et voyageurs, et l'on peut dire que, de 1850 à 1900, les chaussées des grandes voies de communication dont la circulation se maintenait aux environs de 250 colliers par jour, remplissaient pleinement le but qui leur était dévolu.

L'entretien en était simple et facile, soit



LE CIMENT EST ENSUITE LISSÉ AU MOYEN DE CET APPAREIL SPÉCIAL

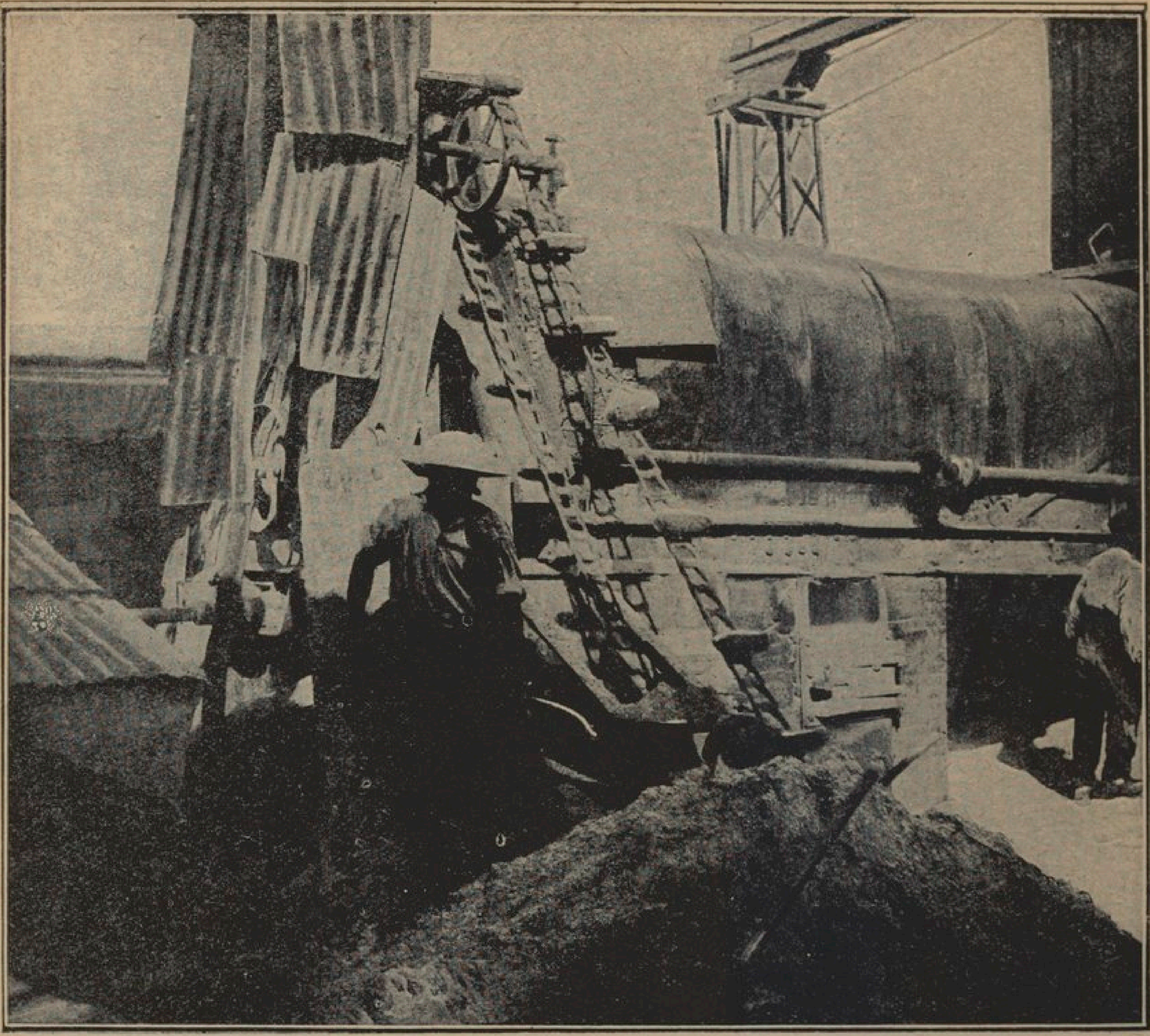
Pour obtenir ce lissage, on fait glisser à la surface du revêtement des bandes de cuir caoutchouté en imprimant à l'appareil, et à plusieurs reprises, un mouvement de va-et-vient.

en employant la méthode des rechargements isolés qui consiste à combler les dépressions, flaches et ornières au fur et à mesure qu'elles se produisent : c'est le travail du cantonnier ; soit la méthode des rechargements généraux, par tronçons plus ou moins importants, qui nécessitent l'emploi de matériaux neufs, de cylindres compresseurs et d'équipes d'ouvriers spéciaux. Ce dernier procédé est obligatoire au bout d'un certain temps, quatre ou sept ans pour un trafic moyen, alors que l'usure générale du revêtement s'accuse et que son épaisseur diminue. Mais c'est la succession même de ces rechargements, que le roulage et le charroi quotidiens compriment et tassent inlassablement, qui finit par constituer les incomparables fondations de nos routes.

Quiconque a eu, en effet, l'occasion d'observer de près la démolition d'une chaussée empierrée, sèche et ancienne, par exemple lors de l'ouverture d'une fouille pour la pose d'une conduite, doit s'être rendu compte de la grande résistance opposée par l'empierrement à l'action de la pioche. Cet empierrement a formé, par suite de la dureté de son liant, une masse agglomérée tellement résistante que sa dislocation est presque aussi difficile que le morcellement d'un massif de béton ou la démolition d'une vieille maçonnerie. C'est là tout le secret de la longévité d'une bonne route ; si les dessous sont solides, bien agglomérés et, par-dessus tout, bien secs, tout revêtement quelconque qu'ils auront à supporter résistera.

Ainsi donc, tout était pour le mieux, et la route française, à la fin du siècle dernier, possédait toutes les qualités que l'Ecole des ponts et chaussées exige : être unie, dure et élastique, établie sur un sol résistant et non compressible, ne pas présenter de flaches, être composée de matériaux parfaitement liés entre eux et ne pas donner lieu à la boue et à la poussière. On estime que, dans des conditions normales, le prix de construction d'une route nationale évolue entre 15 et 30.000 francs le kilomètre ; pour les chemins de grande communication on compte de 7 à 15.000 francs en plaine et de 15 à 25.000 francs en montagne. Plus modeste, le chemin vicinal se contente d'une dépense de 5 à 6.000 francs par kilomètre.

Mais apparut l'automobile. En peu de temps, l'essor pris par la locomotion nouvelle répandit par milliers les véhicules rapides qui devinrent bientôt l'ennemi le



UNE OPÉRATION TRÈS IMPORTANTE, C'EST LE SÉCHAGE DES SABLES

Les sables sont versés à la pelle dans les godets d'une noria qui les montent à hauteur du four et les y versent en vue de leur déshydratation.

plus redoutable de la chaussée macadamisée. Leurs roues, munies de fragiles bandages en caoutchouc, semblaient pourtant devoir succomber dans leur lutte contre le caillou ; c'est le contraire qui est arrivé. Le pneumatique, par l'effet de la vitesse et de l'arrachement, produit sur le sol une aspiration qui désagrège peu à peu la surface et va chercher la poussière jusque dans la couche inférieure, si bien que le revêtement s'effrite, s'émiette peu à peu, que la nécessité de réparer devient plus fréquente et que les frais d'entretien augmentent dans des proportions inquiétantes pour le trésor public.

La situation, bien vite, s'aggrava. Les riverains des routes fréquentées par les automobiles, empoisonnés par les nuages de poussière qui avaient à peine le temps de retomber sur le chemin, maudirent les voitures sans chevaux ; les voyageurs, aveuglés par cette même poussière, coururent de graves dangers de collision ; quant à l'administration, soucieuse de l'avenir de son patrimoine, elle chercha un moyen de le protéger. On s'attaqua d'abord à la poussière, et on obtint de bons résultats par le procédé du goudronnage superficiel.

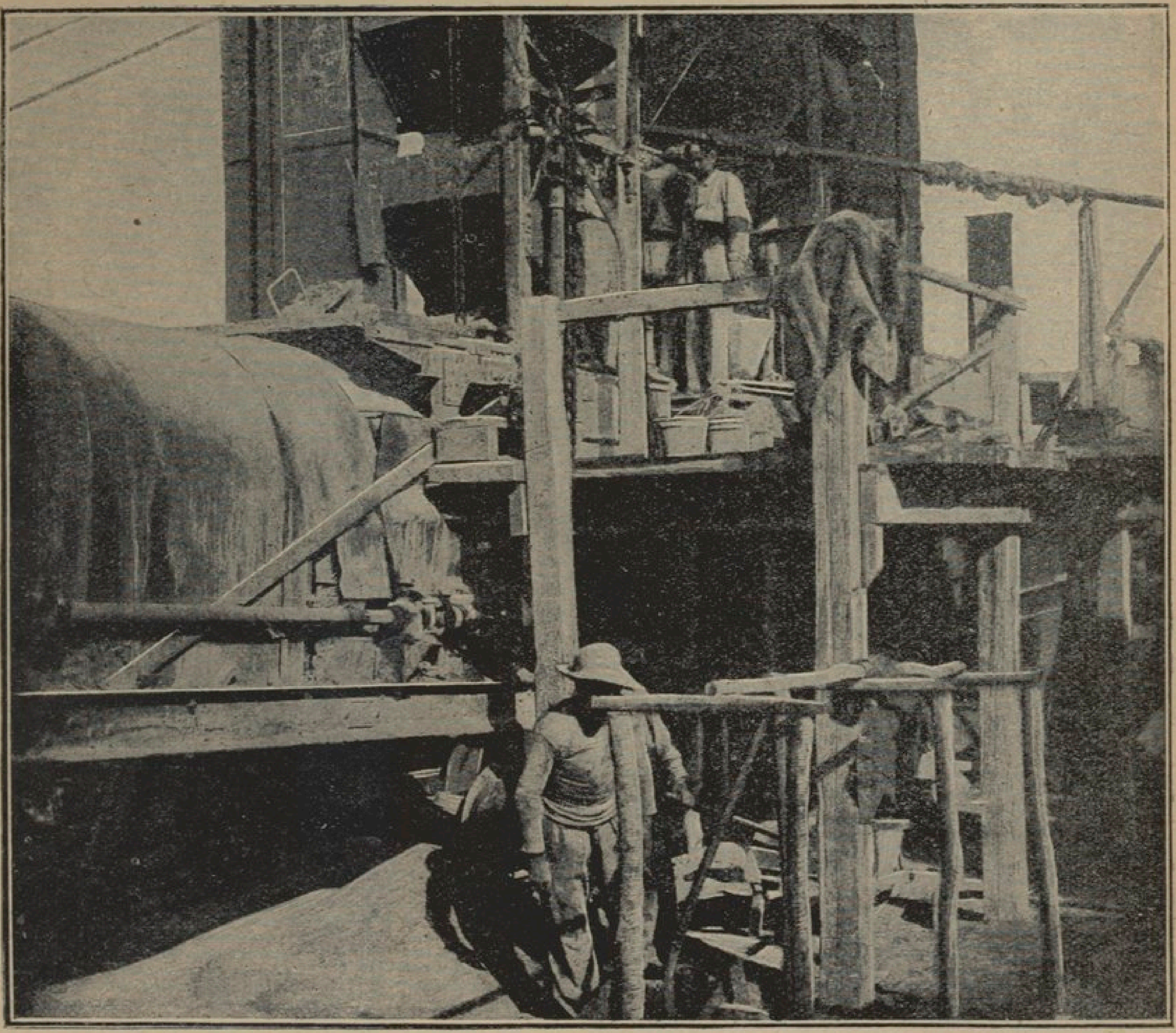
Le goudron de houille ou coaltar répandu à même le sol, a l'avantage d'agglutiner et de fixer la poussière et d'éviter l'action de l'humidité qui, en amollissant la masse de la chaussée, en facilite la désagrégation, cause d'usure et de poussière. On goudronne à froid et à chaud ; des appareils spéciaux pour l'épandage, citernes mobiles, tonneaux distributeurs, voitures chauffe-goudron, ont été créés et sont aujourd'hui d'un usage courant. Le prix de revient de ces procédés

procédés de goudronnage n'est pas excessif: il varie de 0,09 à 0,16 centimes le mètre carré.

Maintenant la poussière et préservant de l'humidité, le goudronnage superficiel intervient aussi comme facteur de conservation du revêtement ; on a constaté qu'à une usure de 40 millimètres d'un empierrement non goudronné correspond pour un empierrement de même nature, mais goudronné, une usure de 8 millimètres seulement. Mais ce résultat exige la présence de la couche de goudron sur la route et disparaît en même temps qu'elle ; sa durée est d'une année au maximum ; on ne saurait, d'ailleurs, demander davantage à une couche de peinture qui coûte 15 centimes le mètre carré.

Afin d'obtenir un effet plus durable, on a mélangé le goudron dans l'épaisseur même du revêtement. La théorie de cette méthode, dite tarmacadam, consiste à chauffer préalablement la pierre dans un four jusqu'à ce que toute trace d'humidité ait disparu ; elle est alors mélangée avec du goudron bouillant dans la proportion de 45 litres par mètre cube de pierres. Les pierres goudronnées sont ensuite transportées sur la chaussée où elles sont cylindrées à la vapeur. M. Luya, ingénieur municipal de la ville d'Aix-les-Bains, qui s'est particulièrement occupé de la question des routes, a également employé des matériaux préalablement goudronnés et dit, dans un de ses rapports, qu'une chaussée, construite d'après cette méthode, est telle qu'aux premiers jours, après deux années d'existence, alors que les rechargements faits à la même époque, avec les mêmes matériaux non goudronnés, donnent des traces visibles d'usure dans des voies moins fréquentées que celle sur laquelle il a été opéré.

Les essais judicieux et persévérants de

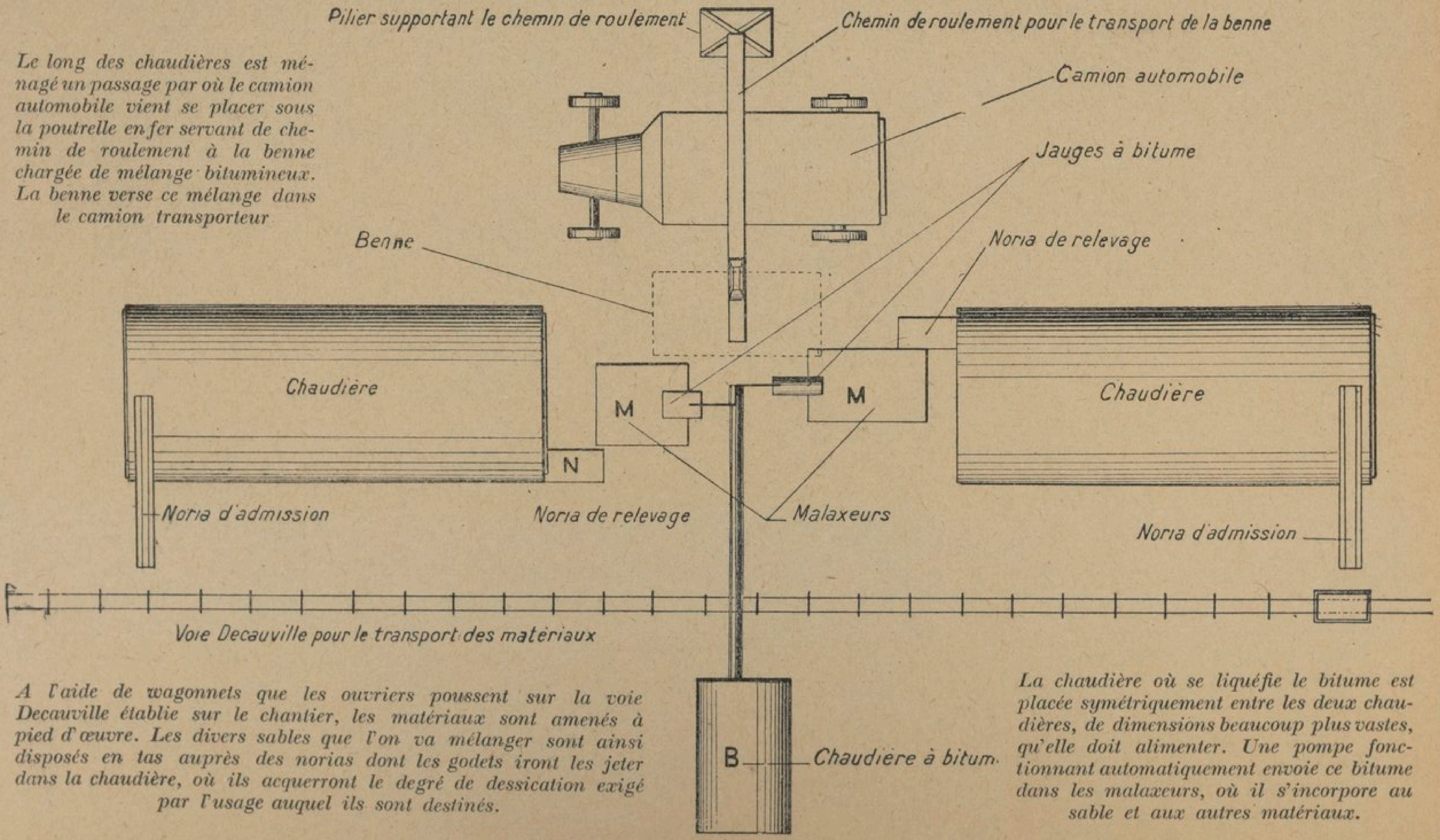


CETTE PHOTOGRAPHIE NOUS MONTRE LE MÉLANGE A CHAUD DES MATÉRIAUX

Au sortir du four, le sable, complètement desséché, est monté mécaniquement dans le malaxeur où il est mélangé à chaud avec le bitume liquéfié.

DISPOSITION GÉNÉRALE ET VUE EN PLAN DES APPAREILS

Le long des chaudières est ménagé un passage par où le camion automobile vient se placer sous la poutrelle en fer servant de chemin de roulement à la benne chargée de mélange bitumineux. La benne verse ce mélange dans le camion transporteur

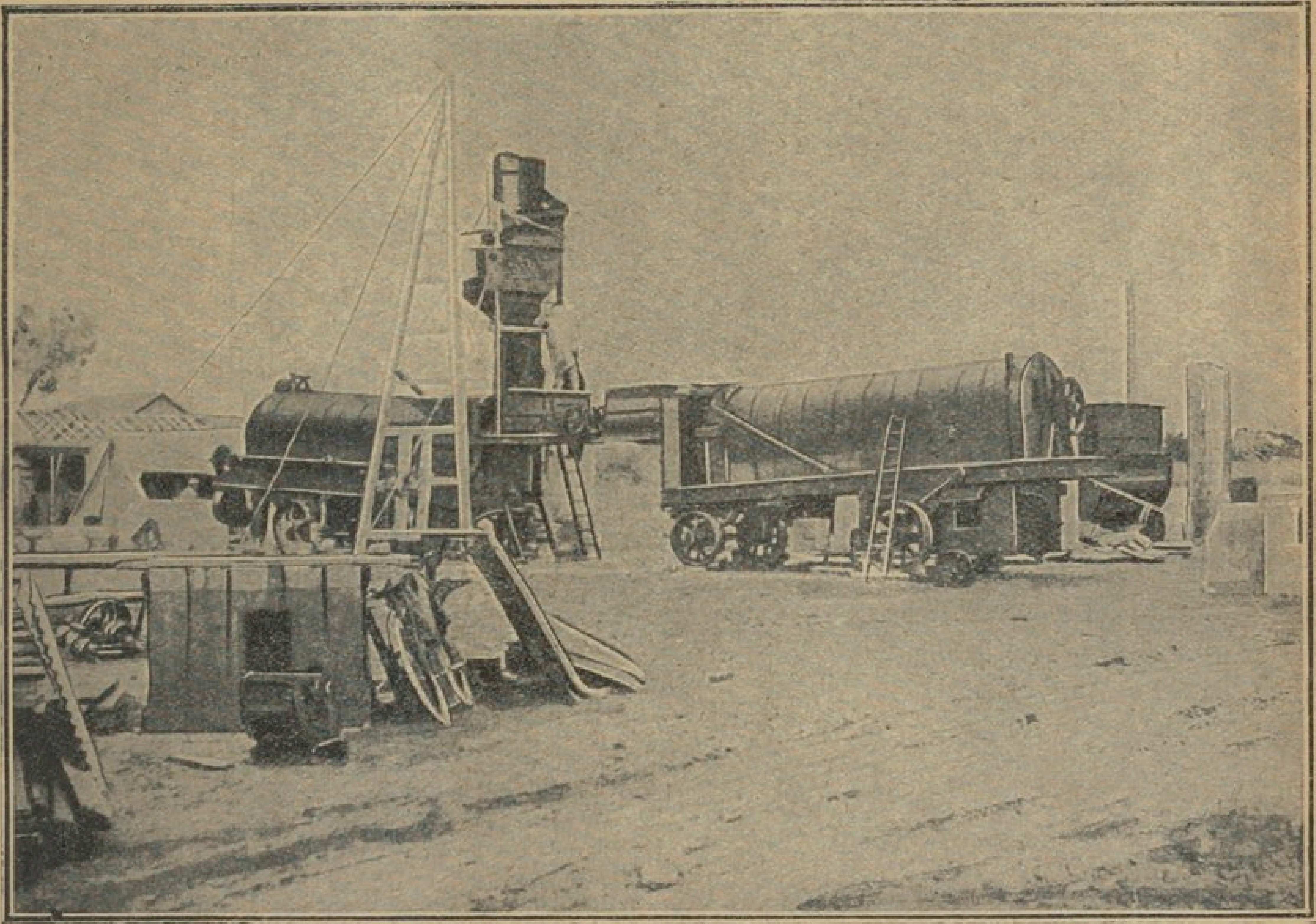


A l'aide de wagonnets que les ouvriers poussent sur la voie Decauville établie sur le chantier, les matériaux sont amenés à pied d'œuvre. Les divers sables que l'on va mélanger sont ainsi disposés en tas auprès des norias dont les godets iront les jeter dans la chaudière, où ils acquerront le degré de dessication exigé par l'usage auquel ils sont destinés.

La chaudière où se liquéfie le bitume est placée symétriquement entre les deux chaudières, de dimensions beaucoup plus vastes, qu'elle doit alimenter. Une pompe fonctionnant automatiquement envoie ce bitume dans les malaxeurs, où il s'incorpore au sable et aux autres matériaux.

M. Luya l'ont amené à construire une machine très portative et très économique pour la fabrication sur place des matériaux nécessaires. Elle se compose d'un bâti métallique supportant un brasero au-dessus duquel peut tourner un cylindre horizontal fermé, en tôle, de 1 mètre de longueur sur 0 m. 40 de diamètre. Ce cylindre, qui rappelle, par sa forme, le brûloir à café de nos ménagères, reçoit les pierres et le goudron qui vont s'y mélanger à chaud. La machine complète revient à 150 francs environ et faire un mauvais calcul, et qu'il ne faut pas craindre d'engager une dépense élevée afin d'en assurer du mieux possible la résistance, la durée et le moindre entretien.

L'Amérique, qui n'avait pas de routes et que le développement de l'automobile obligea à en construire rapidement, l'Angleterre qui, pour la même raison, a dû refaire les siennes, ont imaginé des procédés nouveaux qui comportent l'emploi d'un outillage considérable dont le bénéfice ne ressort qu'à partir d'un nombre important de kilomètres



VUE D'ENSEMBLE DES APPAREILS A SÉCHER ET A MALAXER

Ces appareils, placés bout à bout, de façon à réunir dans une benne unique les produits fabriqués en double, comportent fours et malaxeurs. La matière en sort prête à être mise sur la route.

produit à peu près un mètre cube à l'heure. Avec deux machines semblables, leur inventeur répond aux besoins d'à peu près 80 kilomètres de voies urbaines à Aix-les-Bains.

A côté de ces divers procédés, dont l'emploi répondra très bien à nos différents types de routes, suivant les besoins et les conditions de chacune d'elles, il en est certains autres, plus spéciaux encore, qui semblent devoir être réservés plus particulièrement à la construction des routes dites « de luxe », c'est-à-dire des routes dont le trafic est tel que viser, pour elles, à l'économie serait à construire. Aux Etats-Unis, c'est la route en béton de ciment qui est en faveur. Certaines villes ont émis des emprunts spéciaux dans le but de passer des contrats assez importants pour être économiques. Il faut, en effet, pour construire une route, d'après la méthode américaine, établir d'abord une voie ferrée qui servira au transport des matériaux, puis disposer d'un matériel mobile de chargeurs, de malaxeurs, de trémies, de bennes, de machines à lisser la surface du ciment, même de bâches que l'on étend au-dessus du travail dès qu'il pleut. C'est

donc un gros travail, une énorme entreprise que la construction d'une route en ciment et les résultats acquis ne sont pas encore très probants. Des essais partiels faits en France n'ont pas été extrêmement heureux ; ils n'ont résisté qu'à des trafics très faibles.

Plus avantageuses, au contraire, semblent être d'autres méthodes anglaises et américaines qui, à la place d'un béton à liant rigide et friable comme le ciment, emploient un béton à liant élastique comme le bitume. La quartzite, la bitulithe sont établies sur ce principe et plus de 40.000 mètres carrés ont été exécutés déjà avec succès à Paris et aux environs, dans le bois de Boulogne, à Suresnes et à Saint-Mandé. La ville de Lyon l'utilise en ce moment.

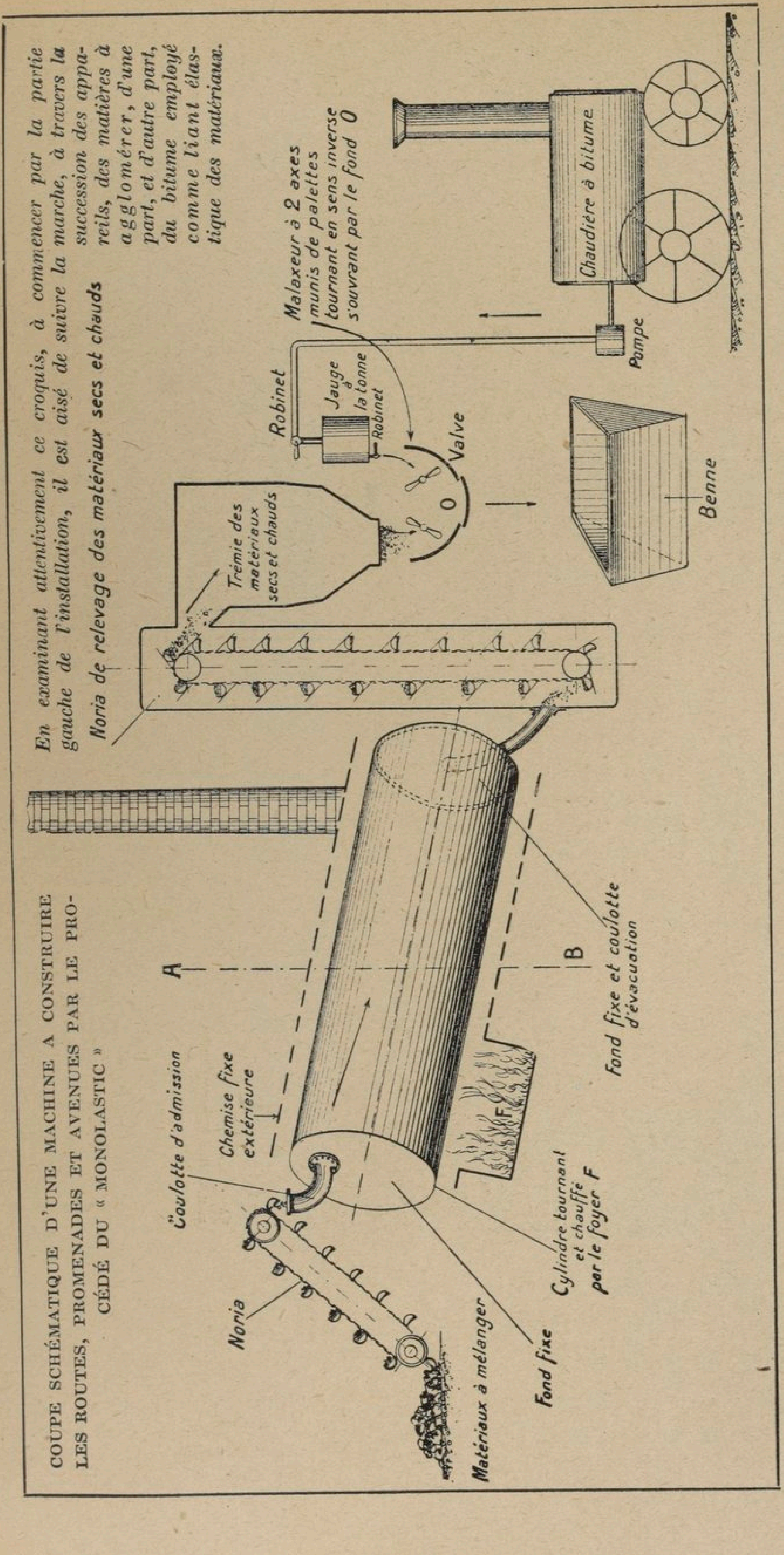
Il nous souvient encore d'une conférence faite, il y a quelque dix ans, à l'Automobile Club de France par le baron Albert de Dietrich et dans laquelle il annonçait ainsi comment serait conçu le revêtement de la route idéale, celle que devait imposer tôt ou tard le développement de la locomotion automobile : « Il sera, disait-il, fait de pierres, non pas de grosseur uniforme, mais de diverses grosseurs, de façon que les petites remplissent les intervalles laissés par les grandes. Ces pierres, devant former un tout compact et inébranlable, seront liées par une matière d'agrégation durable et non par du sable qui n'en est pas une en réalité, mais plutôt un trompe-l'œil puisqu'il ne résiste ni à l'eau, ni aux pressions résultant du roulage, ni aux mouvements de l'air. La matière employée devra faire corps avec les pierres et provoquer entre elles une adhérence parfaite. » C'est la définition exacte du procédé employé aujourd'hui ; la matière d'agrégation est le bitume, qui relie entre elles les pierres de différentes grosseurs et espèces, préalablement séchées et chauffées.

L'ÉPANDAGE DE LA MATIÈRE SUR LA ROUTE

La matière bitumineuse est étendue pendant que le cylindre, dont on remarque les traces, comprime la section qui vient d'être répandue. Sur la gauche, on voit toute une bande de route terminée et déjà livrée à la circulation.

En 1913, on essaya sur la route de Paris à Cherbourg, entre Port-Marly et Saint-Germain, un produit baptisé « monolastic », basé, lui aussi, sur l'emploi du bitume comme liant. L'essai donna satisfaction, puisque, depuis quatre ans, on n'a pas eu à toucher à ce revêtement ; il fut même à ce point concluant que le ministère des Travaux publics, dont, en l'occurrence, nous ne pouvons que louer l'heureuse initiative, passa marché avec l'entreprise pour que la réfection de la route soit continuée. Aujourd'hui, l'usine est installée, sur les bords de la Seine, entre Rosny et Rolleboise, et la route est déjà faite jusqu'à Rolleboise. (Photo page 406).

La matière employée est un mélange de sables de différentes grosseurs, très soigneusement choisis, et de bitume. Le secret de la fabrication consiste justement dans le choix de ces sables, étudiés au laboratoire, que l'on mélange avec le moins de bitume possible, celui-ci ne devant jouer que le rôle d'une colle élastique. Dans de vastes chaudières ou fours, les sables sont amenés par les godets d'une noria. Dans le cylindre tournant de ces chaudières, ils sont brassés,



COUPE SCHÉMATIQUE D'UNE MACHINE A CONSTRUIRE LES ROUTES, PROMENADES ET AVENUES PAR LE PROCÉDÉ DU « MONOLASTIC »

En examinant attentivement ce croquis, à commencer par la partie gauche de l'installation, il est aisé de suivre la marche, à travers la succession des appareils, des matières à agglomérer, d'une part, et d'autre part, du bitume employé comme liant élastique des matériaux.

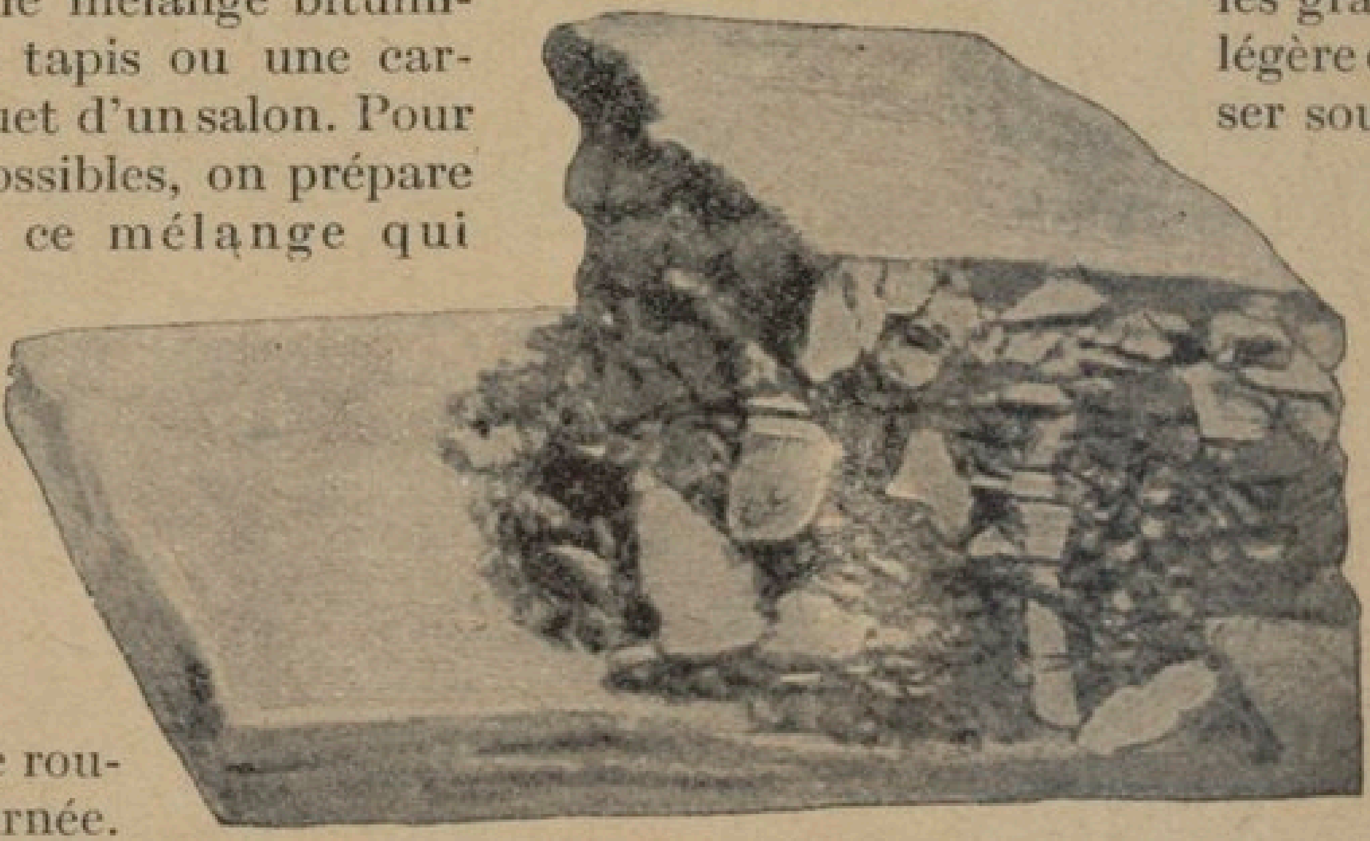
chauffés et desséchés, puis, par une autre chaîne à godets, ils montent aux malaxeurs où le mélange s'opère avec le bitume liquide que des tuyaux y ont conduit. Le mélange achevé, dans les proportions voulues, tombe de là dans une benne qui, enlevée et basculée par une grue, vient déverser son contenu dans la caisse d'un camion automobile. Transportés aussitôt à pied d'œuvre, ces matériaux sont répandus encore chauds et fumants sur le sol où des ouvriers, munis de rateaux et de fourches, les répartissent, ce pendant que le chef de chantier règle lui-même l'épaisseur de la couche et la saupoudre de marne concassée afin de l'empêcher de coller au cylindre du rouleau compresseur. Une dizaine de va-et-vient de celui-ci suffisent pour l'achèvement du travail, et cette portion de route peut être livrée aussitôt à la circulation.

Il est bon de faire intervenir ici l'avantage et l'économie procurés par les merveilleuses fondations de nos vieilles routes de France. Il suffit d'enlever le revêtement de macadam

LE CYLINDRE COMPRESSEUR AU TRAVAIL SUR UNE ROUTE EN CONSTRUCTION
Au fur et à mesure que la matière est répandue sur le sol, le cylindre à vapeur, sans perdre une minute, la comprime énergiquement.

à remplacer, de faire passer le cylindre à vapeur sur le sommier de la route mis à nu pour en aplanir les dernières aspérités, et, directement, sans autres préparations, de mettre en place le mélange bitumineux comme un tapis ou une carpette sur le parquet d'un salon. Pour les réparations possibles, on prépare des briquettes de ce mélange qui sont chauffées et comprimées sur place à l'aide de fers spéciaux. Telle qu'elle est installée à Rolleboise, l'usine peut établir 800 mètres environ de route dans une journée.

L'étanchéité et l'imperméabilité de ce mode de revêtement sont absolues. Il s'ensuit que l'écoulement les eaux ne demande plus à être aussi rigoureusement établi et que, par conséquent, la chaussée peut rester presque plate, d'où moins de chances de dérapages et, pour les chevaux qui ont besoin de se sentir d'aplomb dans les brancards, possibilité de conserver leur droite, au grand profit de la circulation. Grâce à son élasticité, cette matière a encore l'avantage de reprendre sa forme lorsque, par les grandes chaleurs, une légère ornière a pu se creuser sous le passage d'une lourde roue ferrée; c'est le charroi lui-même qui renivelle le tout. Enfin, la suppression pour ainsi dire complète de la boue et de la poussière est une cause de joie pour les riverains.



SPÉCIMEN DE REVÊTEMENT EN QUARTZITE
Ce fragment a été extrait de la promenade de Blackpool (Angleterre), après quatre ans de circulation. La surface est restée parfaitement nette.

La route, de 6 à 7 mètres de large, en «monolastic», revient à près de 80.000 francs le kilomètre. Cette première mise de fonds semble excessive, mais si, avec un minimum de frais d'entretien, elle a une marge de vingt ans pour s'amortir, la dépense se soldera par une réelle économie.

PAUL MEYAN.

LES BATEAUX EN CIMENT ARMÉ

Par Charles VIRETON

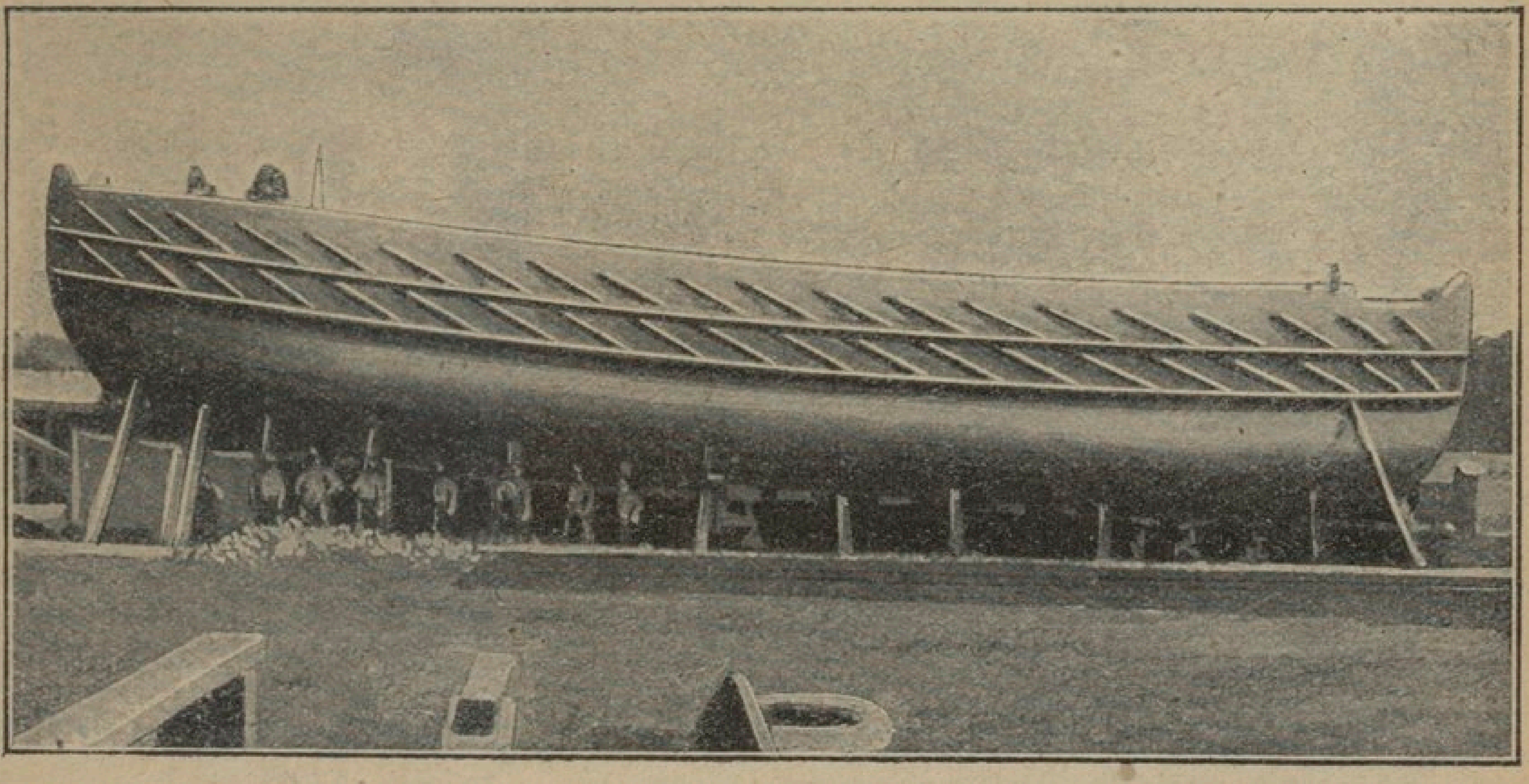
INGÉNIEUR DES ARTS ET MANUFACTURES

Pour combler les vides créés dans les marines commerciales des Alliés par la guerre sous-marine ou par l'usure normale des coques, il faut construire des bateaux en grand nombre à un moment où les ressources de la métallurgie sont entièrement appliquées à la fabrication du matériel de guerre et de l'outillage *ad hoc*.

Tout en intensifiant autant que possible la production de leurs chantiers navals, les puissances de l'Entente et les Etats neutres ont recherché s'il n'existait pas un mode de construction permettant de supprimer, partiellement, ou même complètement, l'emploi des tôles et des profilés d'acier pour l'établissement des coques et des ponts de navires ou de chalands fluviaux.

Aux Etats-Unis, on a eu recours au bois et plus de deux cents cargos à vapeur, ou munis de moteurs à combustion interne, sont actuellement sur cale dans les divers chantiers de l'Union. Cette solution a ses partisans et ses détracteurs. On sait, en effet, que le général Gœthals, ancien chef du département des Constructions navales destinées à la Marine de commerce, a donné sa démission de cette charge, par suite des divergences d'opinion qui s'étaient élevées entre lui et certaines personnalités au sujet de l'opportunité de la construction d'une flotte importante de navires en bois, comportant environ six cents unités nouvelles.

On assiste dans ce cas à un retour à un ancien état de choses, quelque peu modifié, il est vrai, puisqu'il s'agit aujourd'hui de navires à propulsion mécanique et non de voiliers. Les coques des cargos actuels sont très différentes de celles des vieux clippers ou longs courriers à voiles et il a fallu complètement transformer les formes des anciennes pièces de bois que l'on utilisait autrefois dans la construction des schooners et des goélettes de charge. Il serait donc intéressant, dans l'état actuel de la question des constructions navales, de trouver un système répondant aux conditions si complexes et si variées d'un pareil problème. Il s'agit de découvrir une matière facile à obtenir très rapidement sans main-d'œuvre nombreuse ni spéciale, capable de résister



CHALAND EN CIMENT ARMÉ DE LA SOCIÉTÉ DES GRANDS BASSINS DU PORT DE TOULON

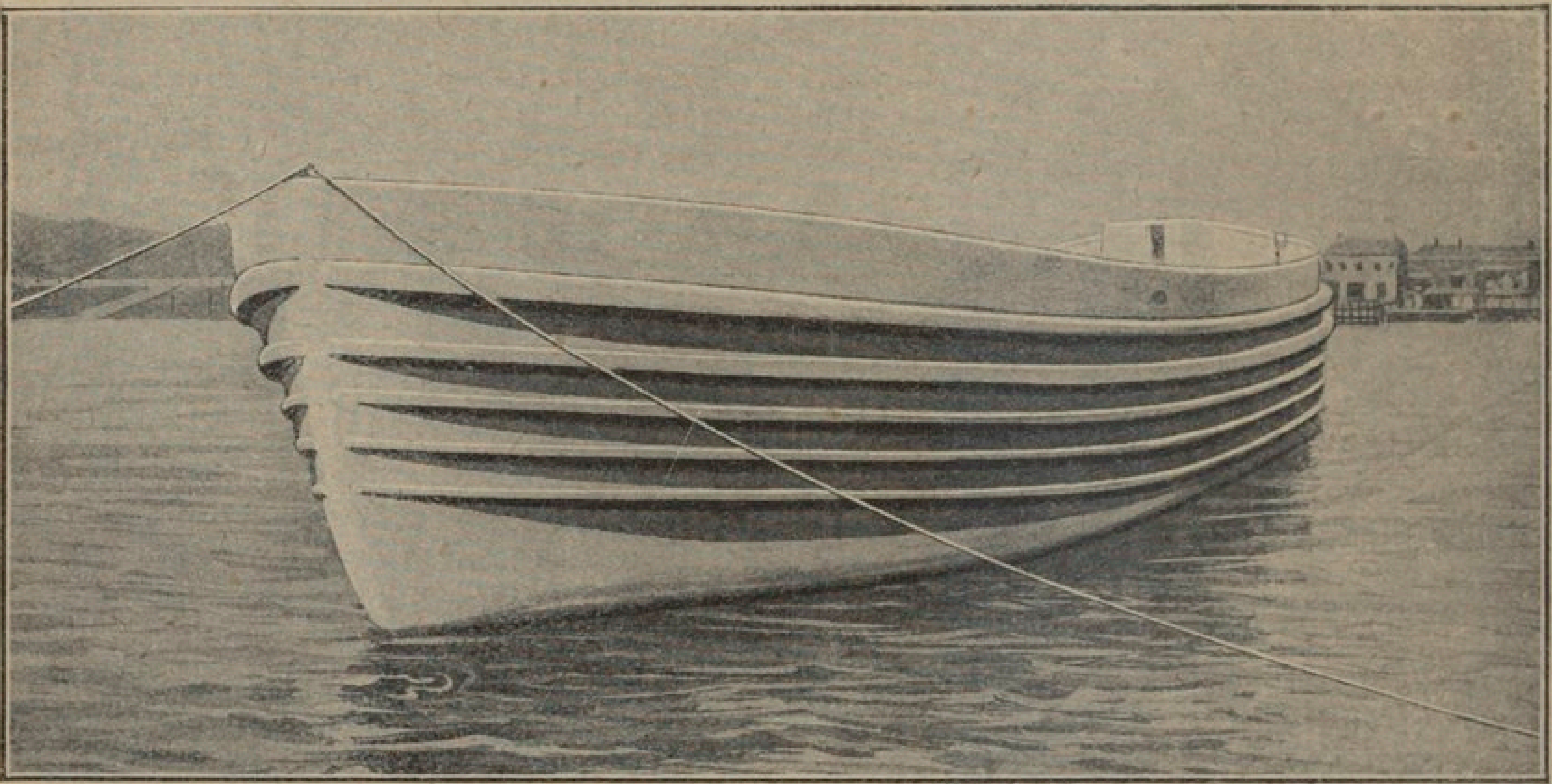
On remarquera la rangée de nervures extérieures obliques destinées à renforcer la coque et à la protéger efficacement dans les heurts de bord à bord qui se produisent au cours des manœuvres.

aux chocs et de donner des coques suffisamment légères pour assurer une bonne flottabilité dans toutes les circonstances.

Les experts navals, que cette question passionne, ont eu l'idée de reprendre une ancienne proposition faite en France vers 1848 par l'ingénieur Lambot qui, le premier, a réalisé un bateau en ciment armé solide, se trouvant, paraît-il, aujourd'hui encore en bon état de conservation. Bien que cela puisse paraître paradoxal, on voit que l'utilisation du béton armé dans les constructions navales a précédé l'emploi de cette matière dans les édifices terrestres.

Actuellement, le béton armé s'obtient rapidement à des prix beaucoup moins élevés que ceux auxquels donnent lieu les charpentes métalliques. En principe, pour des chalands de rivière, le poids des aciers ronds entrant dans l'édification d'une coque de béton armé représente environ le dixième du poids des aciers profilés spéciaux nécessaires pour un chaland de tôle d'acier.

A la suite d'insuccès dus à une insuffisance d'épaisseur des parois des coques, on a renoncé à faire des bateaux légers en ciment armé. Un bordé mince offre le double inconvénient d'être fragile et de ne résister



BATEAU PORTEUR CONSTRUIT A LA SEYNE POUR LE PORT DE MARSEILLE

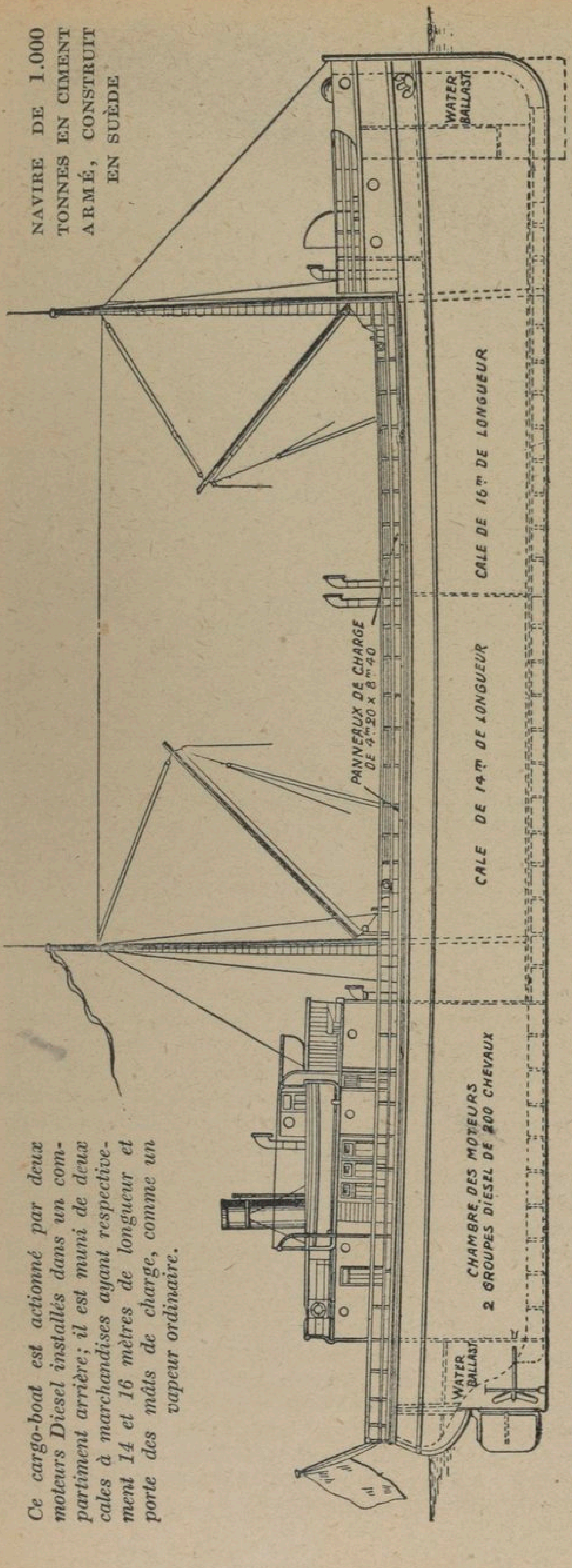
Ici, on a eu recours à des renforcements longitudinaux pour mieux assurer la rigidité de la coque.

ni aux chocs ni aux efforts de cisaillement très considérables auxquels il est soumis lorsqu'il se trouve posé sur les crêtes des vagues. On sait que, dans ce cas, la carcasse d'un navire peut être assimilée à la charpente métallique qui constitue un pont appuyé sur des piles fondées en rivière.

En France, la maison Hennebique et en Italie la firme Gabellini ont établi, vers 1900, des coques et des pontons de béton armé. Ces derniers étaient très lourds et leur poids propre dépassait notablement le poids utile transporté. Il s'agissait, à cette époque, d'essais limités et l'on n'avait pas acquis une pratique suffisante dans le calcul scientifique des pièces de béton armé pour qu'il fût permis d'appliquer ce mode de construction à l'établissement de coques de navires sans avoir d'accidents à redouter.

Aujourd'hui, la question a changé de face. Les nombreuses applications du béton armé à des constructions de tous genres et surtout à des ponts de très grande ouverture, ont fait progresser rapidement les méthodes de calcul indispensables pour l'obtention de pièces capables de résister à de grands efforts, aussi bien sur terre que sur mer.

L'expérience faite sur des pontons immergés dans l'eau de mer pendant de longues années a montré que les coques de béton armé pouvaient durer très longtemps si elles étaient construites dans de bonnes conditions. On a reconnu, cependant, que leur destruction pouvait être, au contraire, très rapide quand les ciments employés contenaient de la magnésie. L'eau de mer renfermant une forte proportion de chlorure de sodium, il se produit entre les deux métaux un phénomène de déplacement tellement accusé qu'il a lieu même dans l'eau



NAVIRE DE 1.000 TONNES EN CIMENT ARMÉ, CONSTRUIT EN SUÈDE

Ce cargo-boat est actionné par deux moteurs Diesel installés dans un compartiment arrière; il est muni de deux cales à marchandises ayant respectivement 14 et 16 mètres de longueur et porte des mâts de charge, comme un vapeur ordinaire.

de rivière, ainsi qu'on l'a constaté en Suisse, où d'importants barrages établis en ciment armé n'ont pu résister à l'action de l'eau des torrents qu'ils étaient chargés de retenir. On a constaté depuis longtemps que, pour offrir une faible résistance à la marche, une coque de navire devait être aussi lisse que possible. Or, le ciment armé permet d'obtenir très facilement ce résultat sans adjonction d'aucune peinture ni enduit, ce qui n'est pas le cas de l'acier, difficile à préserver.

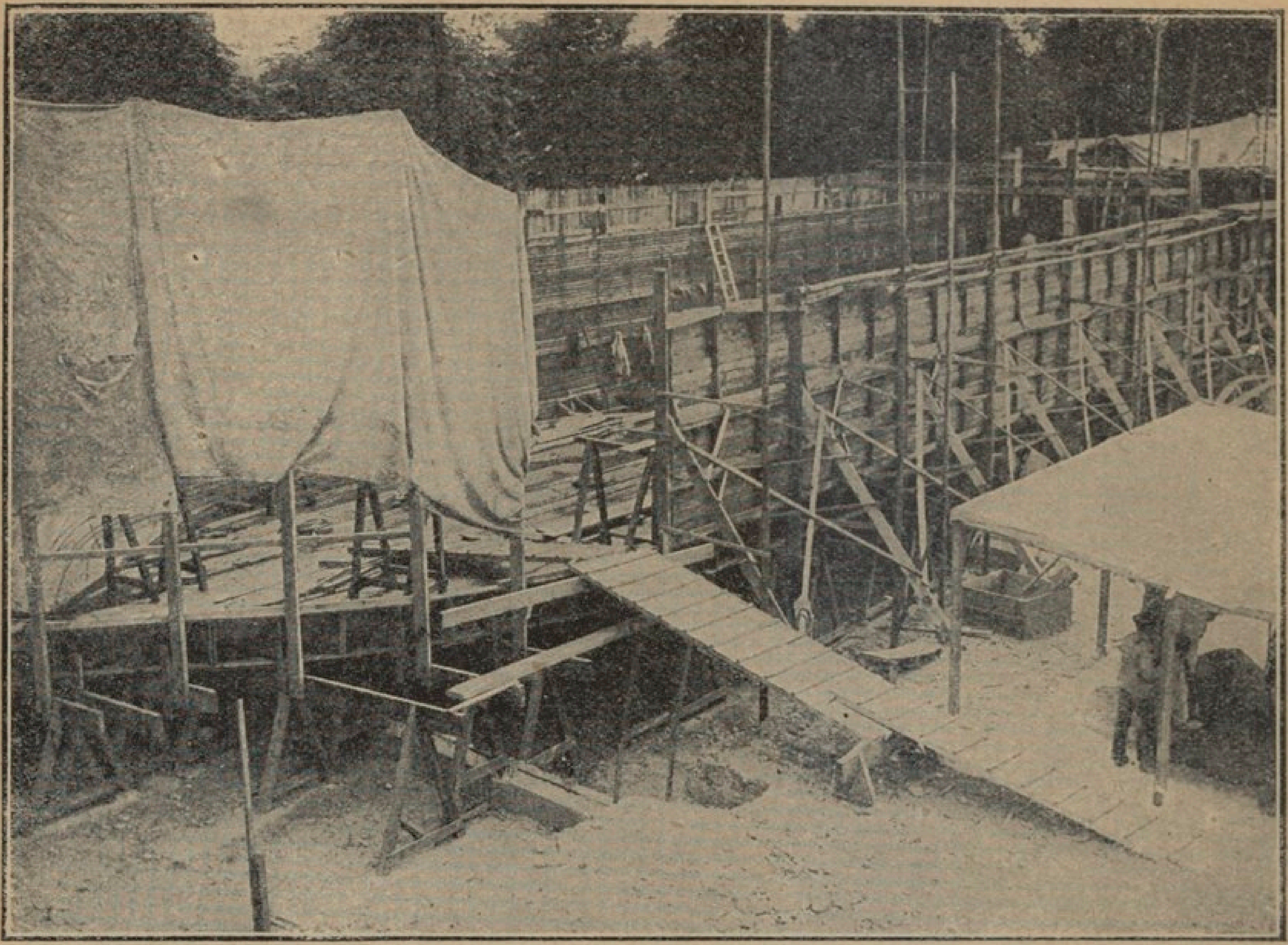
Depuis l'ouverture des hostilités, les puissances neutres européennes n'ont pu donner à leurs constructions navales toute l'ampleur désirée parce qu'elles manquaient des tôles et des profilés nécessaires dont l'Angleterre ou l'Allemagne ne pouvaient plus les approvisionner. Les Etats scandinaves, notamment, ont accueilli avec faveur les propositions des ingénieurs qui se sont efforcés d'établir des coques de navires en béton armé.

Déjà, en 1911, une maison danoise avait établi un chaland de 27 tonnes qui avait donné d'assez bons résultats. On avait cru devoir garnir l'intérieur de revêtements de bois et la coque était protégée extérieurement des chocs par des défenses de chêne fixées au moyen de forts boulons.

Le gouvernement danois, encouragé par ce premier essai, avait commandé une série de pontons destinés à l'établissement d'un pont flottant. L'expérience semblait avoir réussi, lorsqu'au cours d'une nuit de tempête un des pontons fut heurté par un espar qui s'était introduit sous l'action des vagues, entre la coque et un mur de quai. Il en résulta une voie d'eau considérable, et le ponton coula, entraînant à sa suite non seulement les autres pontons, mais encore l'ouvrage tout entier.

Un bateau de plaisance en ciment armé, mû par un moteur à pétrole, a circulé en Allemagne, à Stettin. La coque était raidie par des cloisons étanches qui la divisaient en quatre compartiments et le moteur reposait sur des madriers fixés sur une fondation de ciment. Cet exemple a, d'ailleurs, été imité en Hollande, en Suisse, en Russie et aussi en France, à Saint-Raphaël, dans le Var.

Les Norvégiens, dont la flotte com-



CHALAND FLUVIAL EN CIMENT ARMÉ EN COURS DE CONSTRUCTION

On voit que le mode d'établissement du bordé et des nervures de renforcement est identique à celui qu'appliquent nos cimentiers parisiens pour l'édification des immeubles en ciment armé.

merciale a été si éprouvée par la guerre sous-marine, ont repris tous ces essais et ont appliqué aux calculs rationnels des coques des méthodes instituées pour l'établissement des édifices terrestres. La Compagnie Fougner de Moss a, paraît-il, obtenu du gouvernement norvégien l'autorisation d'entreprendre la construction de deux navires de 600 et de 1.000 tonnes sans attendre que la Commission des navires en ciment armé ait déposé son rapport.

Les navires en question sont étudiés avec un coefficient de sécurité d'environ 20 % par rapport aux dimensions que l'on aurait données aux pièces d'acier correspondantes, mais, cependant, le poids du navire ne sera pas augmenté d'autant par rapport à celui d'une coque métallique ordinaire.

Ces navires comportent quatre cales, des doubles fonds et des water-ballasts de ciment armé à l'avant et à l'arrière. Le bâtiment de 1.000 tonnes a 51 mètres de longueur, 9 m. 50 de largeur et 5 m. 50 de creux. L'administration a exigé que des précautions spéciales fussent prises en ce qui concerne l'agencement des engins de sauvetage ; des essais rigoureux auront lieu avant que les chantiers soient autorisés à livrer les bâtiments aux armateurs propriétaires.

On a copié pour l'établissement des formes des deux coques les chalands qui circulent en grand nombre sur les canaux suédois et norvégiens ; la force motrice nécessaire à la propulsion est fournie par deux moteurs Bolinder à pétrole brut, de 200 chevaux chaque commandant chacun une hélice.

Signalons que les chantiers scandinaves trouvent avantageux de construire ces navires spéciaux la quille en l'air et de les lancer de même. Une fois le navire à l'eau, on vide la coque dont les écoutilles sont soigneusement fermées et le bâtiment reprend sa position naturelle sans avoir subi d'avaries.

Avant d'autoriser les chantiers danois à se lancer dans ce genre de constructions, le gouvernement a tenu à ce que des règles précises fussent édictées à cet effet. Le règlement, élaboré par M. E. Suenson, professeur à l'Ecole supérieure polytechnique de Copenhague, s'applique aux petits navires en

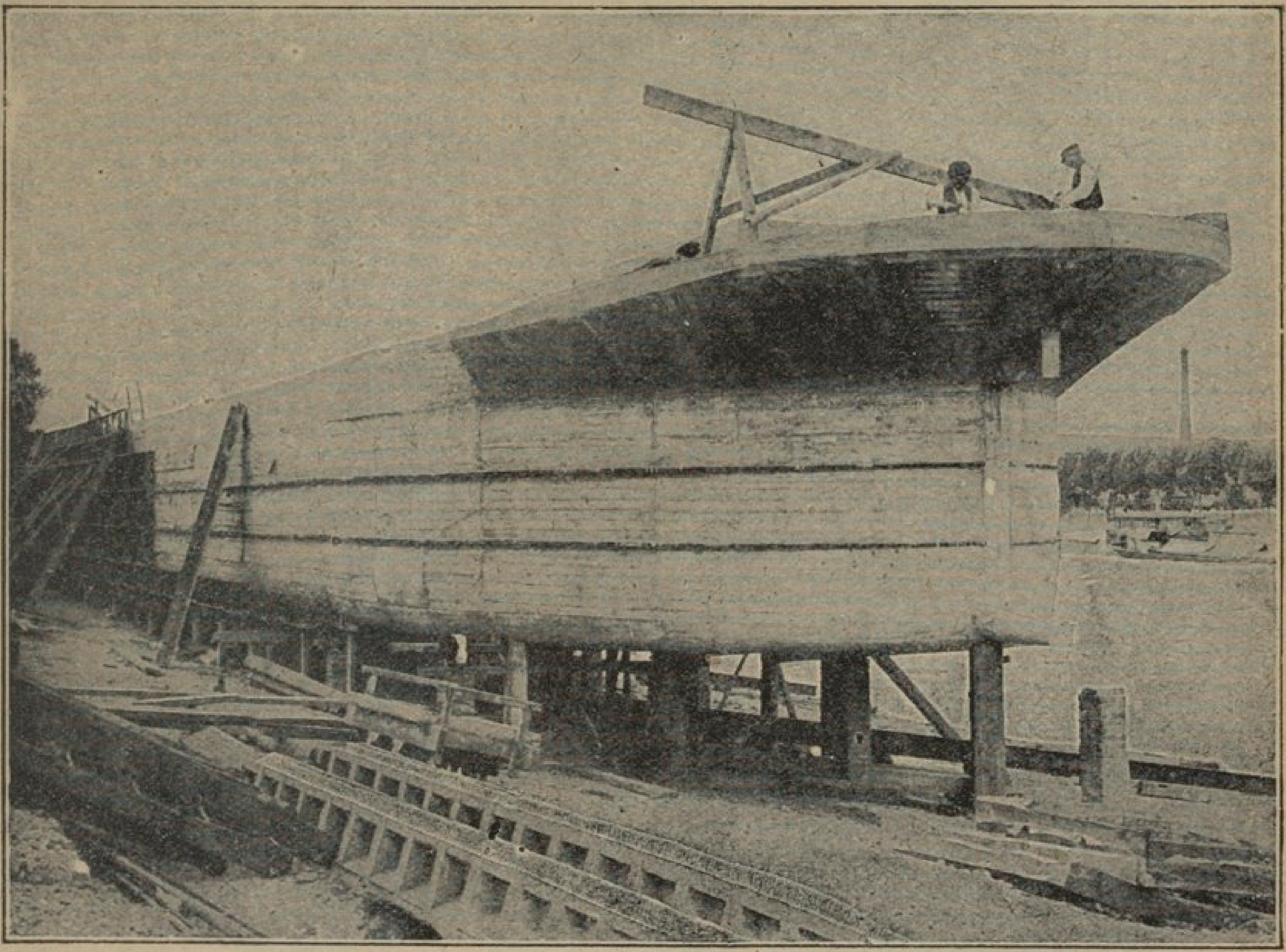
ciment armé à fond plat, afin de procéder à des essais progressifs et d'éviter les accidents.

L'épaisseur du bordé et des fonds doit être au minimum de 70 millimètres, et les dalles plates, ayant moins de 8 centimètres doivent être considérées comme reposant simplement sur un appui, à moins qu'elles ne soient armées en continuité, de manière à les rendre capables de supporter des efforts de flexion dans les deux sens.

L'effort de traction toléré pour le métal ne doit pas excéder 13 kilos par millimètre carré et les efforts de compression imposés au ciment armé doivent correspondre à un coefficient de sécurité de 7, soit 600 grammes par millimètre carré au maximum. Quand l'effort de cisaillement calculé dépasse un dixième de la compression, il doit être complètement absorbé par la partie métallique noyée dans la masse de pierre.

Malgré les avantages que l'on réclame en faveur des coques de béton armé, il semble cependant que les constructeurs soient d'accord pour donner au bordé une épaisseur qui représente environ six fois celle des tôles d'acier que l'on emploierait dans le même cas. Ainsi, une plaque d'acier de 12 millimètres est remplacée par une muraille de béton de 72 millimètres. Le poids moyen du béton armé étant de 2.500 kilos par mètre cube, alors que celui du fer est de 7.500 kilos, la coque de ciment pèsera donc deux fois plus que celle d'acier, en ce qui concerne le bordé. On peut simplement réaliser une économie appréciable sur le poids du renforcement transversal, beaucoup moins important dans le cas du ciment que dans celui du métal, malgré la densité différente.

Il résulte de ce fait que les parties extrêmes du navire, généralement affinées pour faciliter la propulsion, pèseront beaucoup plus que la quantité d'eau qu'elles déplacent lorsque le bâtiment navigue sur lest. La poutre constituée par la coque sera ainsi sollicitée à ses deux extrémités par des forces verticales dirigées de haut en bas, qui tendront à la briser en deux dans sa partie médiane. On sera donc obligé de renforcer considérablement les ponts pour leur permettre de résister aux efforts créés par cette condition défavorable. La difficulté du problème est encore augmentée par cette



VUE EXTÉRIEURE DE LA COQUE D'UN CHALAND EN CIMENT ARMÉ

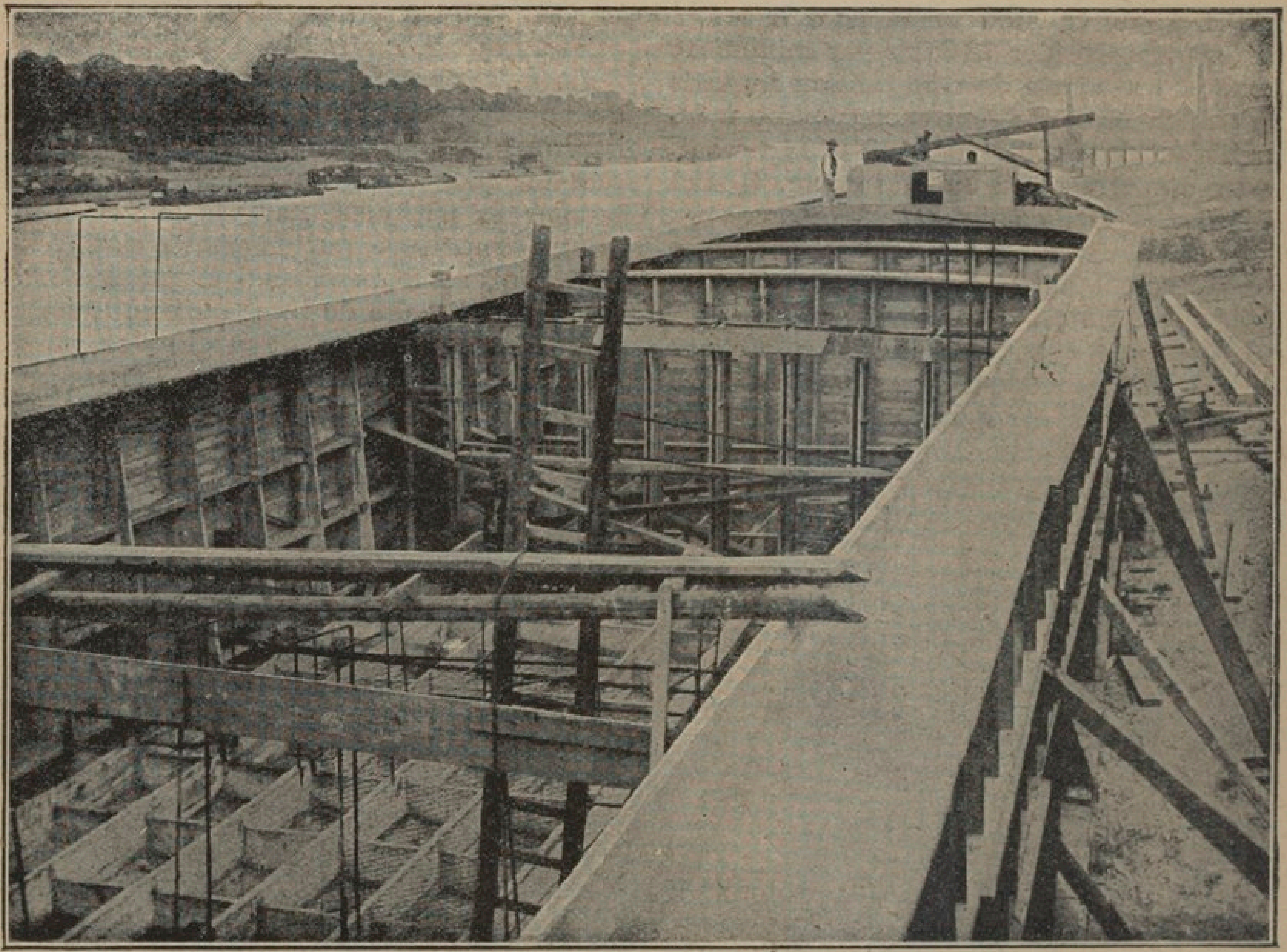
Les chantiers où se construisent les navires en ciment armé sont très simples et n'exigent pas la création d'ateliers annexes de forge ou de mécanique.

circonstance que les ponts sont affaiblis par la présence des panneaux servant à l'introduction des marchandises dans les cales.

Malgré toutes ces difficultés, les pouvoirs publics ont décidé la construction de chalands de béton armé destinés à naviguer sur la Seine entre le Havre et Paris. Ces bâtiments sont de deux types. Le petit modèle a 43 mètres de longueur, 4 mètres de largeur et 3 mètres de tirant d'eau, avec un déplacement total d'environ 750 tonnes qui lui permet de porter en lourd de 500 à 550 tonnes. Les marchandises transportées sont reçues dans des cales qui peuvent être au nombre de deux ou de trois ; ce dernier dispositif, moins commode pour l'arrimage et les manutentions, est préférable parce qu'il comporte l'existence de deux cloisons importantes servant à renforcer très notablement la résistance transversale de la coque.

On a créé également un modèle de chaland déplaçant 1.350 tonnes et pouvant porter en lourd un millier de tonnes. Dans ce cas, on a porté la longueur à 70 mètres et la largeur à 8 mètres, le tirant d'eau maximum restant fixé à 3 mètres à cause de l'état d'approfondissement actuel du lit de la Seine.

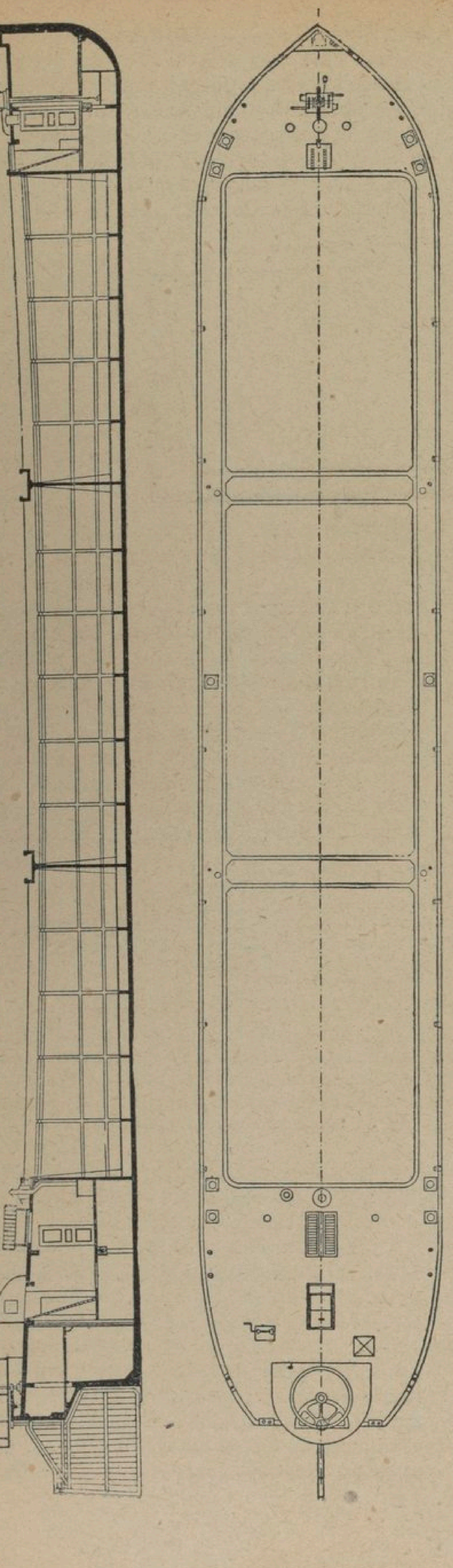
Les figures des pages 423 et 424 donnent les coupes longitudinale et transversale des chalands de Seine de 45 mètres, construits par la Société « le Matéri l flottant ». Les parois ont une épaisseur de 75 millimètres, qui permettra d'obvier aux inconvénients présentés jusqu'ici par les coques plus minces que l'on a essayé d'établir dans le même but. La membrure de ces chalands est constituée par un robuste quadrillage de couples et de carlingues sur lequel s'appuient les dalles de fond et les murailles. Chaque couple est calculé en le supposant formé d'une droite horizontale et de deux droites verticales figurant une sorte de cadre à trois branches renversé et terminé par deux consoles correspondant aux écoutilles. Les deux angles inférieurs de ce rectangle sont considérés comme encastrés et les angles supérieurs comme articulés, ce qui est aussi l'hypothèse admise par la commission danoise



INTÉRIEUR D'UN GRAND CHALAND FLUVIAL EN CIMENT ARMÉ

On se rend compte comment le bordé est renforcé par des nervures longitudinales qui relient les couples. Le fond est constitué de même par un solide cloisonnement d'arêtes longitudinales et transversales.

COUPE-ÉLÉVATION ET PLAN D'UN CHALAND DE 450 TONNES EN CIMENT ARMÉ



Destiné au transport des marchandises sur la Seine, entre le Havre et Paris, ce chaland a 43 mètres de longueur et 7 m. 50 de largeur; dans leur plus grande épaisseur ses parois mesurent 75 millimètres.

des constructions flottantes en béton armé. Les dalles de fond sont établies suivant le principe de la continuité ; elles résistent ainsi à la poussée extérieure de l'eau ; on n'a pas admis de compensation pour la charge intérieure, car les marchandises qui constituent cette dernière ne reposent pas directement sur les dalles et elles peuvent n'exercer aucune poussée sur les bordés.

La difficulté que nous avons signalée plus haut en ce qui concerne les extrémités relativement fines de ces chalands, dont l'avant et l'arrière ne déplacent pas leur propre poids, se sont déjà présentées dans le cas de la construction des cuirassés modernes, dont la grosse artillerie est logée dans des tourelles extrêmes pesant des milliers de tonnes.

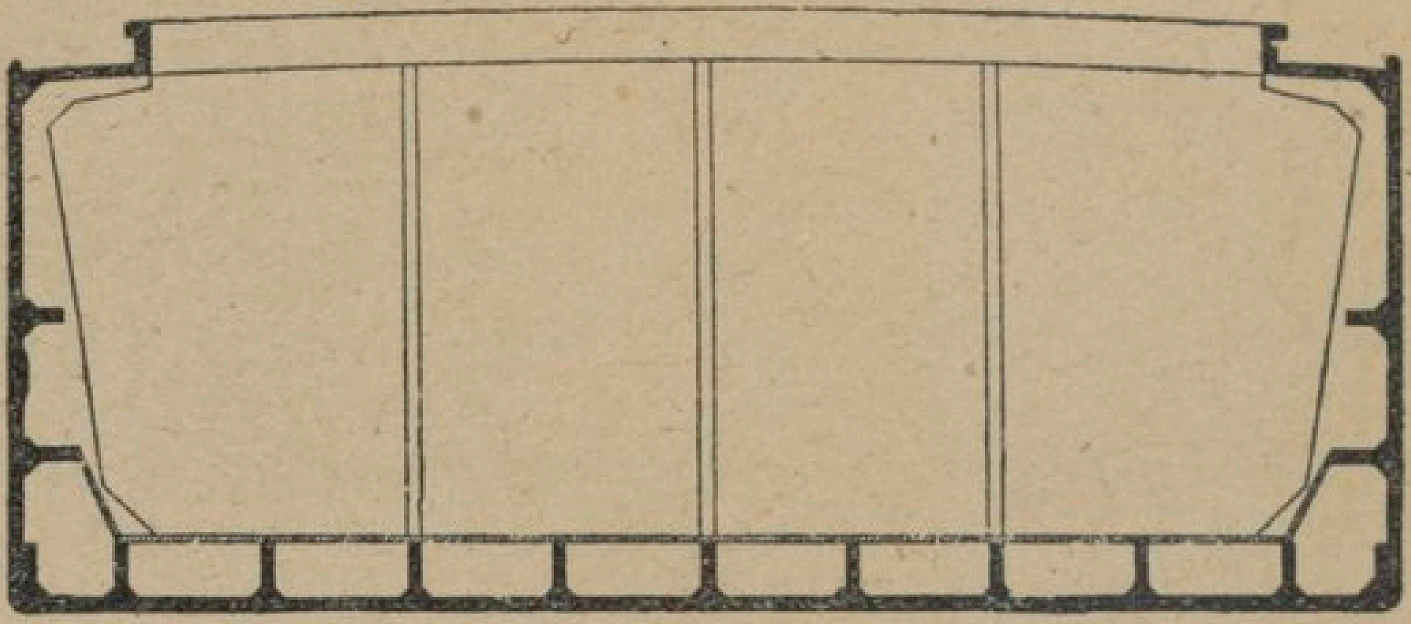
On a donc été amené à créer, pour les bâtiments de guerre, des coques très longues aux murailles parallèles, la proue et la poupe étant très fines et symétriques. Les fonds sont constitués par des plates-formes formées de caissons multiples correspondant à une vraie construction cellulaire.

C'est en utilisant ces résultats ainsi que ceux des essais théoriques et pratiques exécutés sur des solides élémentaires remorqués au sein d'un liquide que M. Hennebique a fait breveter récemment un système de bateau à formes symétriques rationnelles dont la structure et le mode de construction sont complètement nouveaux. Les figures pages 424 et 425 montre en plan la forme symétrique absolue de la coque par rapport à ses axes longitudinal et transversal, ce qui a pour but d'assurer le minimum de résistance de l'eau à la progression horizontale du navire. Il a, en effet, été reconnu par des essais multiples qu'une coque constituée par un rectangle très allongé terminé à ses deux extrémités par des triangles isocèles dont l'angle au sommet est très petit, absorbe beaucoup moins de force propulsive qu'aucune autre.

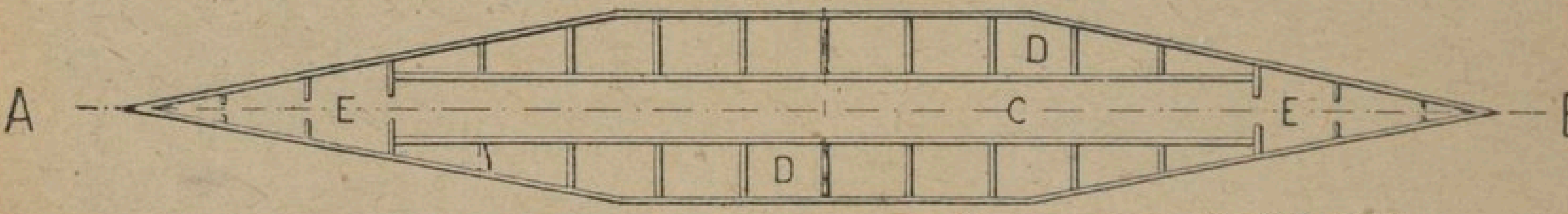
Au point de vue de la solidité, il y a intérêt à réaliser un navire monolithe indéformable dont les murailles et les cloisons aussi bien longitudinales que transversales soient disposées perpendiculairement les unes

aux autres dans toute la hauteur, jusques et y compris le pavois et les bastingages.

Afin d'empêcher le chavirement du bateau et de maintenir, par conséquent, en permanence son centre de gravité très au-dessous de son centre de carène quand il est vide, on emploie, dans la proportion de 1 à 4, des matériaux de densités différentes tels que le bois de chêne et le béton armé. Ces deux éléments sont réunis d'une manière inébranlable par des chevilles métalliques munies de quatre cannelures longitudinales et d'une tête avec dispositif d'arrêt à deux ailettes. Cette cheville métallique ou gournable, est noyée dans le bois avec du ciment suffisamment fluide injecté préalablement dans un trou cylindrique de diamètre convenable. Le ciment, refoulé par la cheville pendant le mouvement de pénétration de cette dernière, se trouve comprimé entre le bois qu'il imprègne et le métal qu'il enveloppe ; on réalise ainsi l'adhérence complète entre les deux matériaux, tout en préservant l'acier de la cheville. La gournable s'incorpore à la masse dont elle devient en peu de temps partie intégrante et unit le bois au béton armé d'une manière inébranlable.



COUPE TRANSVERSALE D'UN CHALAND FLUVIAL EN CIMENT ARMÉ, POUR LE SERVICE PARIS-HAVRE



VUE EN PLAN D'UN NAVIRE EN CIMENT ARMÉ A FORMES SYMÉTRIQUES

Ce bâtiment, étudié par M. F. Hennebique, est établi suivant le principe de la construction cellulaire afin d'obtenir une coque solide rendue inchavirable par l'emploi simultané du béton et du bois. Les extrémités A et B sont absolument symétriques. La coque à murailles parallèles est constituée par une série de caissons étanches D, D, E, E, laissant subsister entre eux un couloir C dont l'arête supérieure sert de chemin de roulement aux grues de manutention des marchandises.

Comme le montre la figure ci-dessus, il existe, tout du long du navire, un couloir longitudinal dont la partie supérieure forme un chemin de roulement sur lequel pourra se déplacer une grue de déchargement qui prendra les marchandises dans les cales pour les placer directement sur le sol des entrepôts ou des quais. Ce dispositif permettra de rendre le navire indépendant des appareils de levage fixes des quais et de réduire au minimum son séjour dans les bassins des ports.

Le mode de propulsion d'un pareil navire a été étudié de manière à réduire au minimum la puissance des machines motrices. A chaque extrémité de la coque est placée une hélice à deux pales planes, disposées sous un angle de 45°, afin de réaliser le maximum d'action utile propulsive avec le minimum de réaction de l'eau déplacée.

On voit que dans la construction de la coque, on a supprimé toutes les parties courbes, de sorte qu'elle se compose uniquement d'éléments rectangulaires en bois de chêne et de rectangles de ciment armé. Ce mode de construction simplifie, jusqu'aux dernières limites du possible, l'outillage des chantiers navals et les bois nécessaires pourront être même débités en pleine forêt par des manœuvres, au moyen de scies mécaniques. De simple coffrages à faces parallèles suffiront pour l'établissement de la coque de ciment armé et l'on évitera ainsi les frais élevés nécessités par les surfaces courbes que comportent les coques des navires ordinaires en tôle d'acier.

Un bateau ayant 80 m. 50 de longueur, 11 m. 40 de largeur et 5 m. 50 de hauteur, absorbera 400 mètres cubes de bois pesant 400 tonnes (y compris les clous et les ferrures) 150 mètres cubes de béton armé représentant 375 tonnes et 142 tonnes d'armement (moteurs, rails de roulement, grues de manutention, etc.). Le poids total de la coque vide sera donc de 917 tonnes et le déplacement, avec un enfoncement de 3 m. 25, sera de

1.917 tonnes, d'où un surplus de 1.000 tonnes disponible pour le fret. Ajoutons que la hauteur de la coque au-dessus de la flottaison n'étant que de 2 m. 25, sa visibilité en mer sera très atténuée. D'autre part, la partie immergée, qui n'a que 3 m. 25 de hauteur, sera entièrement située au-dessus de la trajectoire des torpilles. Si l'on veut imprimer à un tel navire une vitesse de 5 mètres à la seconde, soit 18 kilomètres à l'heure, il suffira de deux moteurs de 200 chevaux. Pour atteindre une vitesse de 10 mètres, il faudrait quatre fois plus, c'est-à-dire 1.600 chevaux, ce qui est très peu, étant donné l'importance du poids disponible pour le fret qui est de 1.000 tonnes, alors qu'il ne serait que de 500 tonnes dans un cargo d'acier exactement de mêmes dimensions.

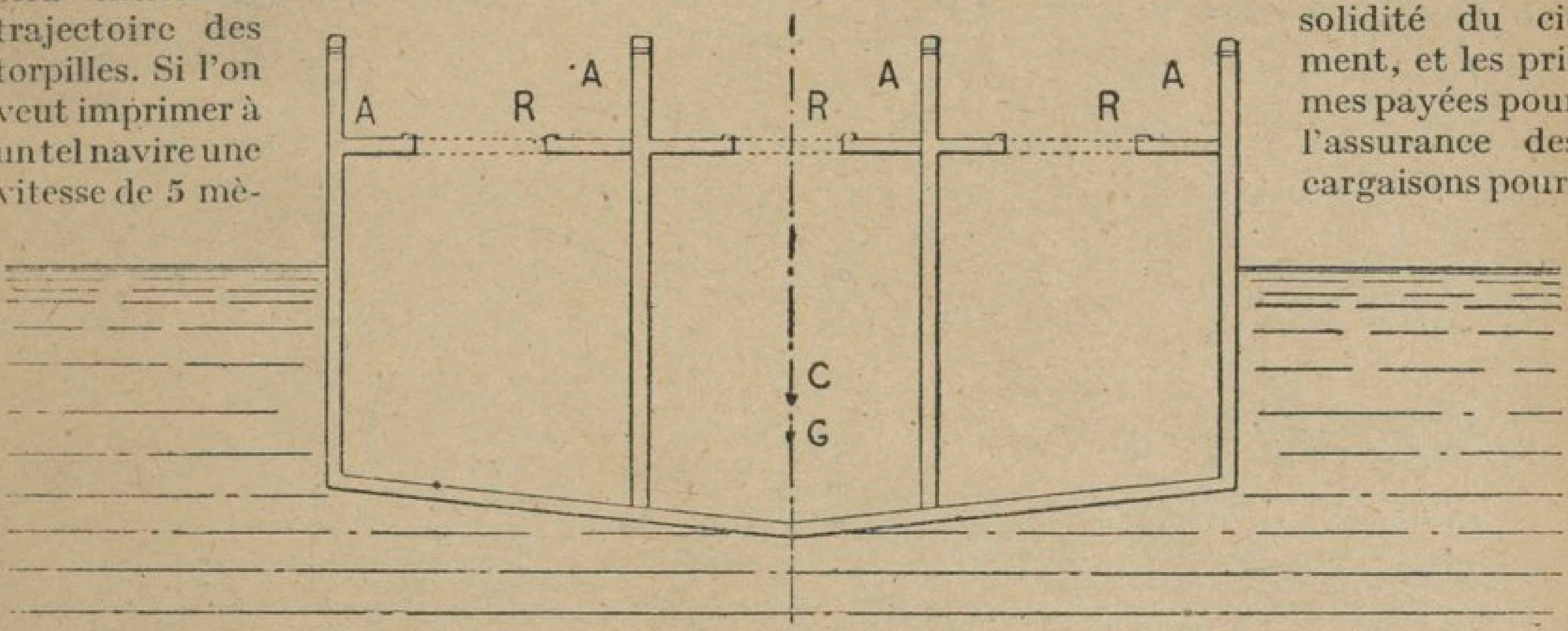
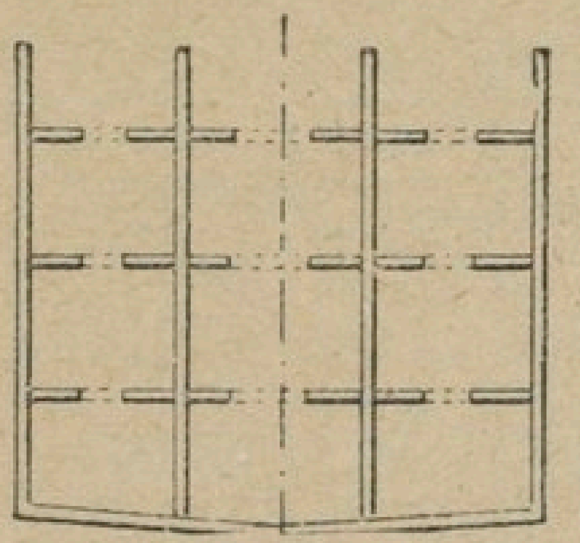


SCHÉMA DU COMPARTIMENTAGE INTÉRIEUR D'UNE COQUE RATIONNELLE

Les murailles A A *sont absolument verticales et parallèles, de même que les cloisons intérieures* AA *percées d'écoutilles* RR. *Le centre de gravité* G *du navire est placé, même à vide, au-dessous du centre de carène* C, *ce qui assure la stabilité de la coque.*

Un bateau de 100 mètres, ayant même largeur et même hauteur que le précédent, pèserait, à vide, 1.200 tonnes et en déplacerait 2.700, ce qui fournirait pour le fret un tonnage disponible de 1.500 tonnes. La force motrice nécessaire n'étant pas plus considérable pour le bateau de 100 mètres que pour celui de 80, on voit quelle économie d'exploitation on peut atteindre avec cet intéressant système de construction.



VUE DES PONTS SUPERPOSÉS D'UN NAVIRE SYSTÈME HENNEBIQUE

Une remarque très importante au point de vue des intérêts des armateurs est la diminution des cas d'incendie, qui sont si fréquents avec les navires en bois et même en acier. Les flammes qui se produisent lors d'un incendie de cale portent au rouge les tôles et les autres éléments métalliques de la coque. Celle-ci, se déformant sous l'action de la chaleur et sous l'influence des dilatations, et la résistance du métal diminuant dans de fortes proportions, il s'ensuit qu'un navire incendié est très souvent un bâtiment perdu. Le ciment armé résiste, au contraire, au feu et ne lui fournit pas un aliment comme le fait le bois. La chaleur ne diminue pas la solidité du ciment, et les primes payées pour l'assurance des cargaisons pourraient ainsi être fortement diminuées pour le plus grand profit des armateurs.

Les voies d'eau produites par les chocs contre les quais ou par les abordages sont aussi facilement réparables dans le cas d'une coque en ciment que dans le cas d'un bâtiment en bois ou en acier. On peut aveugler l'ouverture avec des cadres de bois dans lesquels on bourre du ciment hydraulique à prise rapide et où l'on insère, au besoin, des barres d'acier. La blessure se referme ainsi très rapidement, presque sans main-d'œuvre spéciale et sans frais.

En résumé, il est permis de penser que l'emploi du béton armé dans les constructions navales ne disparaîtra pas avec les circonstances actuelles comme le croient certains spécialistes. On peut espérer, au contraire, que les fabricants de ciment trouveront le moyen d'augmenter considérablement la résistance de leurs produits, de même que les métallurgistes ont réussi à doubler celle de l'acier. Quand ce résultat sera obtenu, on aura des coques de béton armé presque aussi légères que celles d'acier et le succès de ce mode de construction sera complet.

CHARLES VIRETON.

LES GISEMENTS AURIFÈRES DE L'AFRIQUE DU SUD

LA PRODUCTION ET LA CONSOMMATION DE L'OR ET DE L'ARGENT

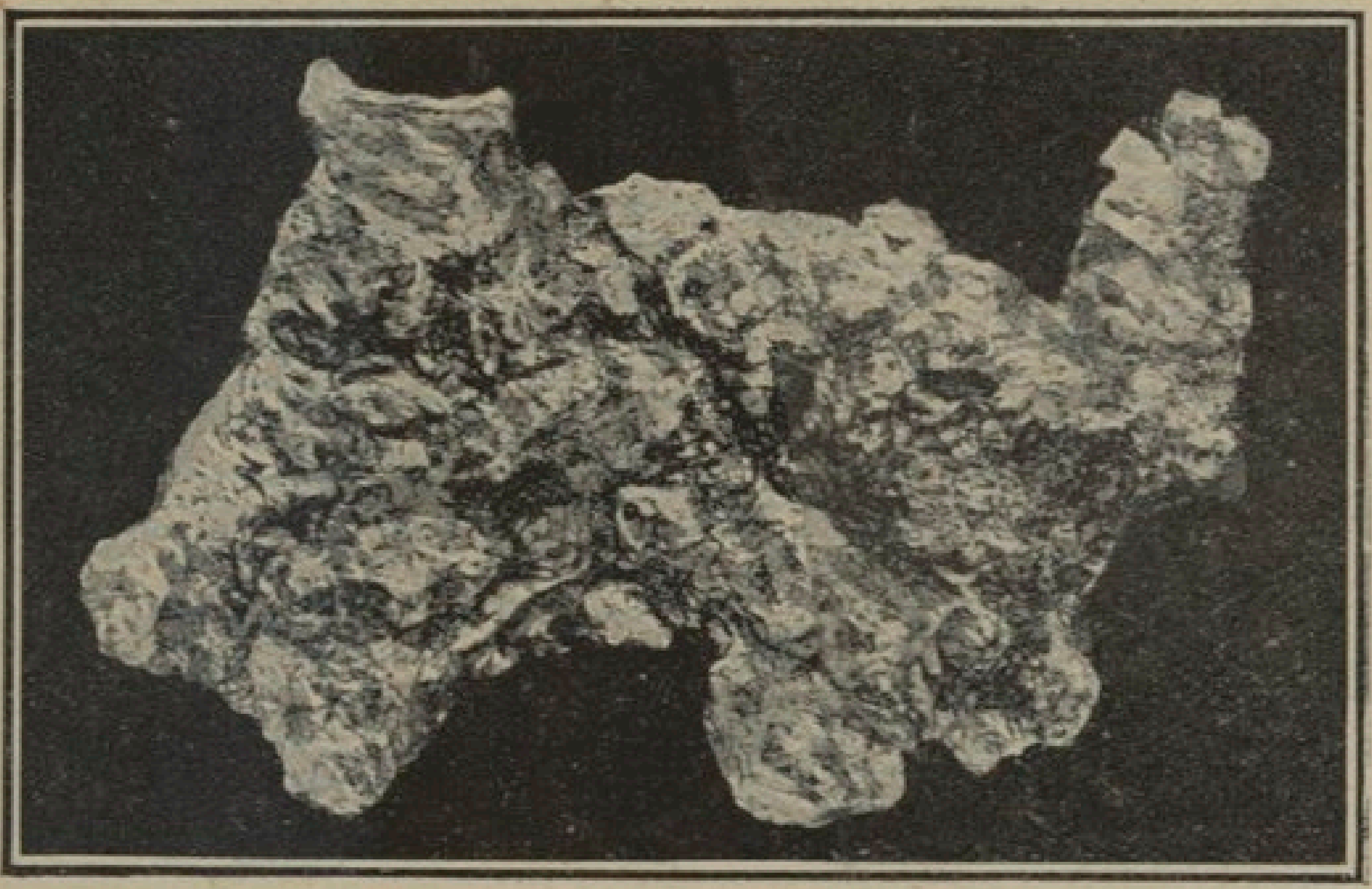
Par Dominique BEAUVILLIERS

INGÉNIEUR CIVIL DES MINES

D'où vient l'or et où va-t-il, depuis que la vie économique de toutes les nations belligérantes ou neutres a été révolutionnée par l'état de guerre qui règne depuis plus de trois ans ?

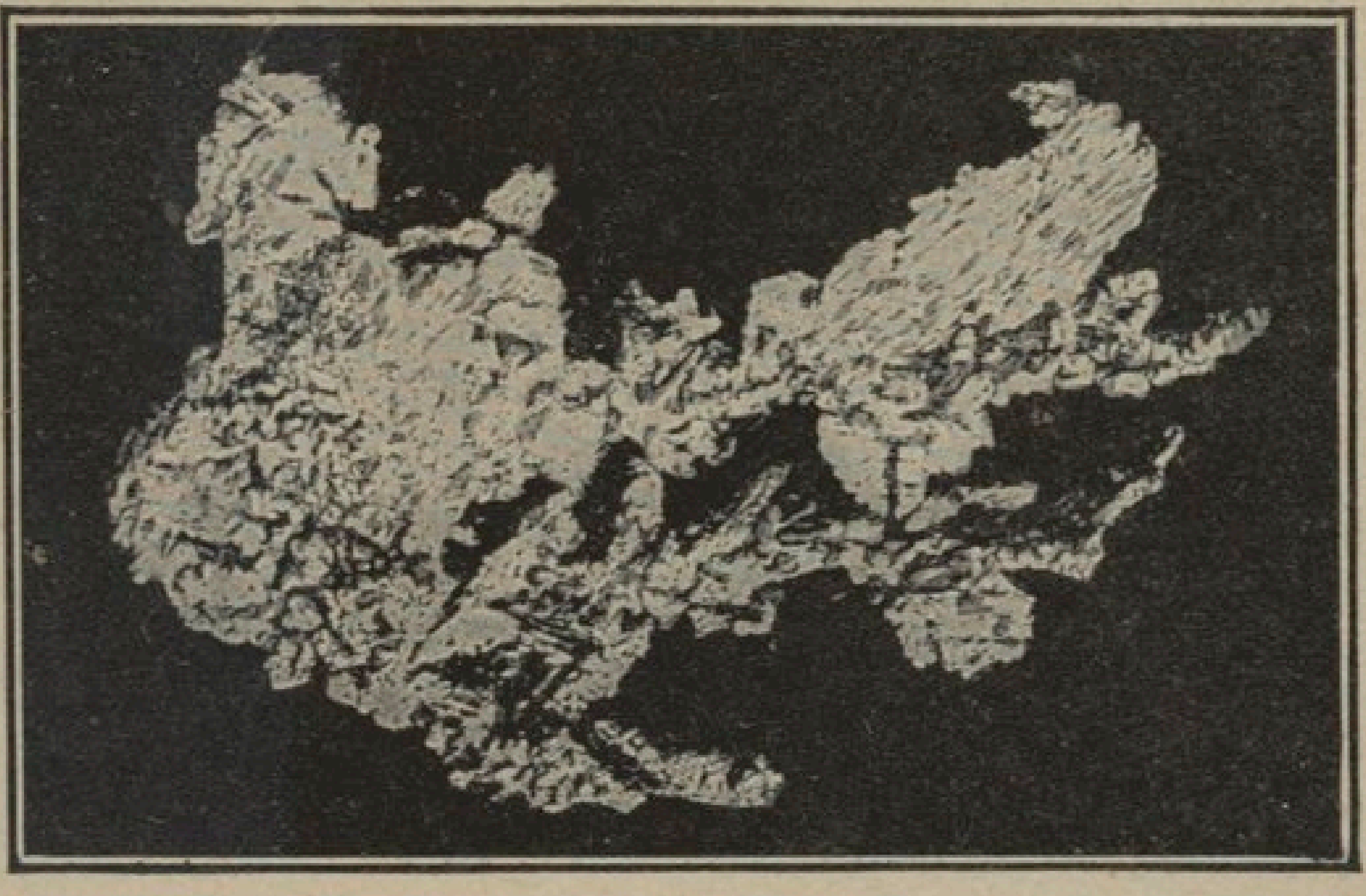
Le fait dominant de la production de l'or est son augmentation annuelle formidable depuis 1890, époque à laquelle furent découvertes les mines fécondes du Transvaal.

Déjà, en 1851, la quantité d'or mise sur le marché, qui variait entre 10.000 et 15.000 kilos, de 1820 à 1830, avait commencé à s'accroître par suite de la mise en exploitation des placers de la Californie et de l'Australie. Alors que la production totale ne représentait qu'environ 400 millions avant 1850, elle passa à près de 700 millions pendant les vingt années qui précédèrent la guerre franco-allemande de 1870. Il est remarquable que l'augmentation



PÉPITE D'OR NATIF PROVENANT DE MOLVAGUE, ÉTAT DE VICTORIA (AUSTRALIE)

C'est la plus grosse pépite qu'on ait trouvée; elle est représentée ici au 1/6e de sa grandeur.



PÉPITE D'OR DE FILON CRISTALLISÉ DU COLORADO

Elle est représentée ici au double de sa grandeur.

d'or sur le marché universel, correspondant à cette période, représente à très peu de chose près la production annuelle du vingtième siècle : 2.700 millions au lieu de 2.300.

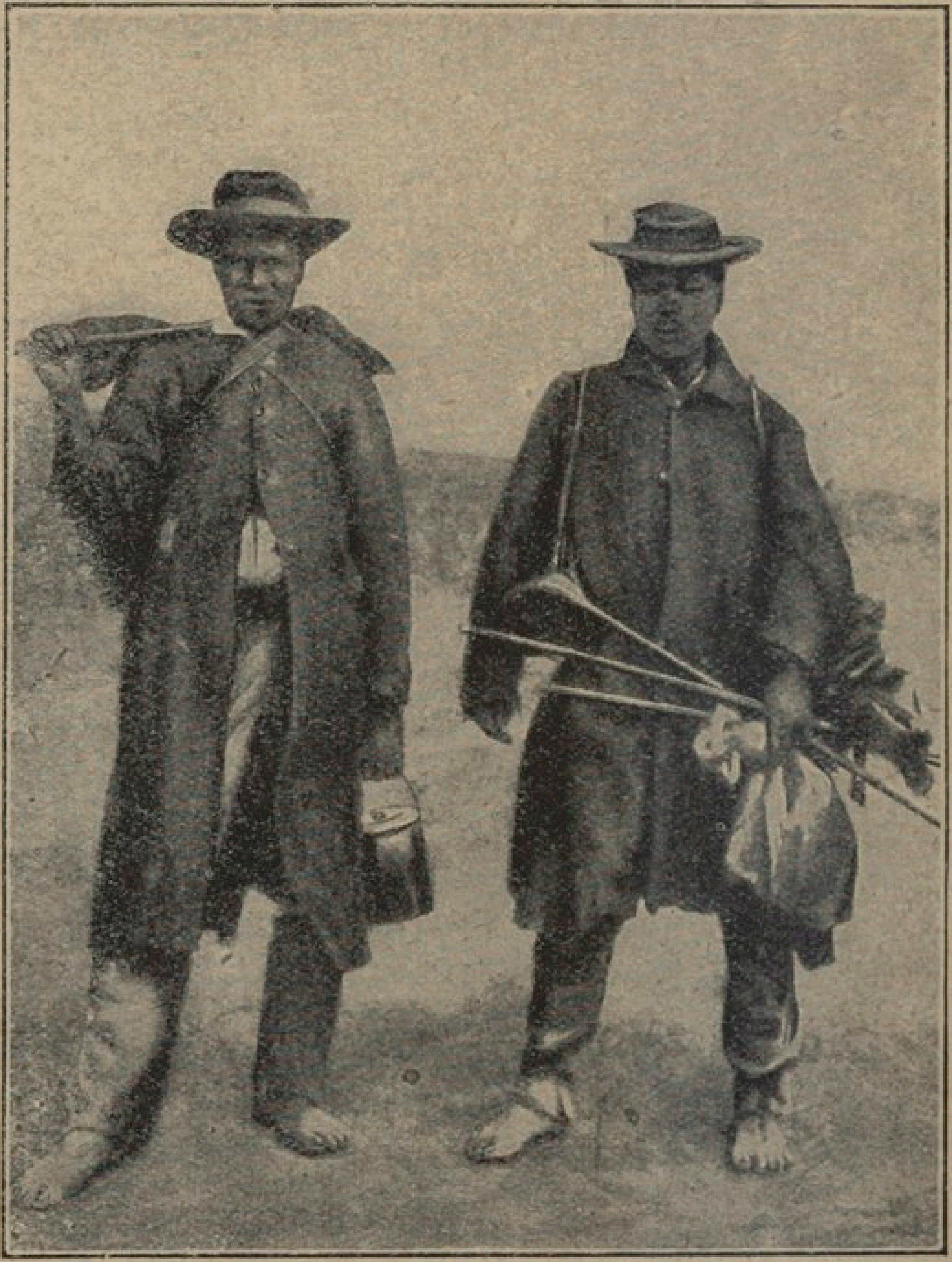
De 1871 à 1875, il y eut dans l'extraction de l'or un recul qui fut enrayé en 1876 grâce à la découverte de nouveaux gisements en Australie et dans l'Amérique du Nord et aussi aux perfectionnements apportés dans les méthodes de traitement des minerais. De 1876 à 1890, le stock mondial s'enrichit d'un peu plus de 500 millions par an. A ce moment, les Etats-Unis, l'Australie et la Russie étaient les trois grands pays aurifères. A partir de cette époque, le Transvaal entre en scène avec 410 millions en 1899, à la veille de la guerre sud-africaine. Grâce à cet appoint formidable, ainsi qu'au développement des mines américaines et australiennes, l'extraction totale avait passé de

677 millions en 1891 à 1.464 millions en 1899.

Lorsque les Anglais eurent définitivement pris possession de l'Afrique du sud, la production reprit sa marche ascensionnelle jusqu'en 1911, et le deuxième milliard fut atteint vers 1905. Le Transvaal, à lui seul, fournissait, en 1911, 840 millions de métal jaune contre 500 venant des Etats-Unis, 300 de l'Australie, environ 175 de l'empire russe (Oural et Sibérie) et plus de 100 millions sortant des mines mexicaines, vieilles seulement alors d'une dizaine d'années.

En 1914, le Transvaal vendait le tiers de l'or exploité dans le monde, et la part des colonies anglaises dans l'alimentation du marché de ce métal s'élevait à 70 %. Les Etats-Unis maintenaient leur quantum de fourniture à 20 % et tous les autres pays réunis ne figuraient que pour 10 %.

Le marché de l'or s'était tout naturellement concentré de plus en plus à Londres, où affluait le métal provenant des colonies britanniques.

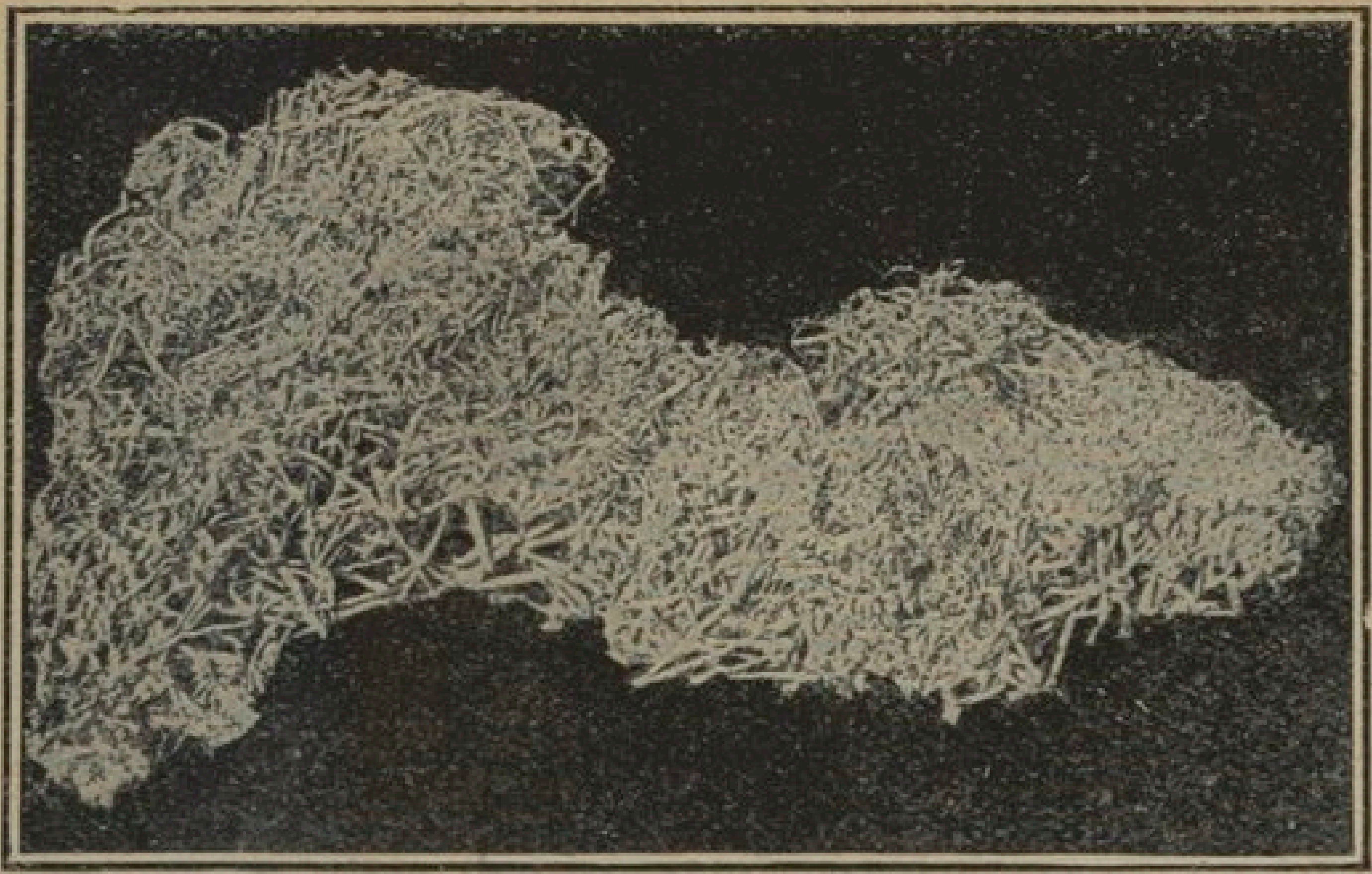


DEUX MINEURS TRAVAILLANT A L'EXTRACTION DE L'OR DANS LES MINES SUD-AFRICAINES

Les mines d'or du Witwatersrand, dans le Transvaal (Afrique du Sud), occupent actuellement 170.000 travailleurs nègres encadrés par 25.000 blancs. On les préserve de la maladie en leur inoculant le sérum antipneumonique du docteur Lister.

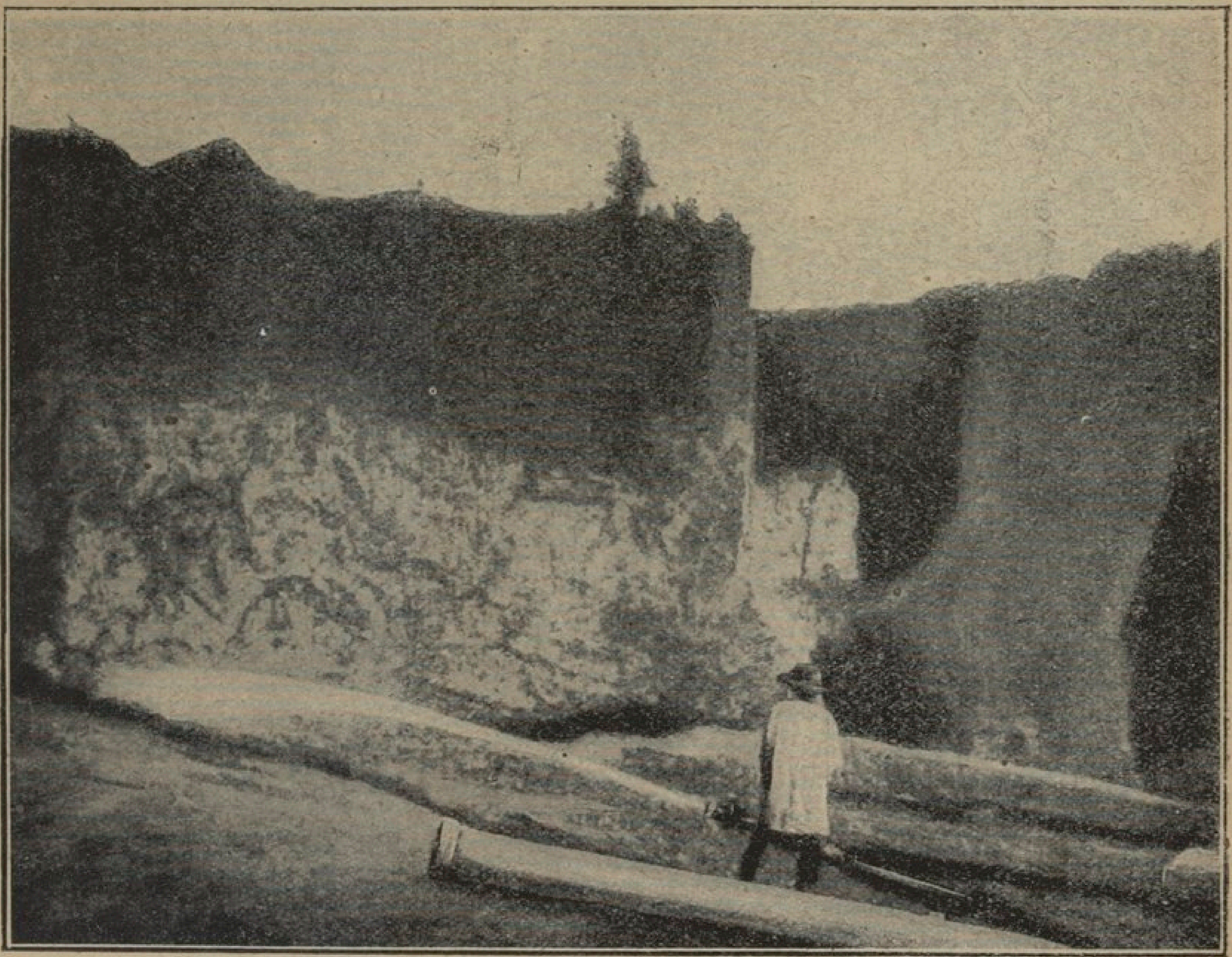
On comptait au Transvaal seulement soixante-dix mines en activité, avec environ 10.000 pilons de broyage en marche et 200.000 mineurs indigènes. Le seul petit district du Witwatersrand, autour de Johannesbourg, a vu sortir de terre plus de 10 milliards d'or, dont un quart a été distribué en dividendes aux actionnaires. Pour se faire une idée de l'importance de cette industrie, il faut se représenter que, pour obtenir 840 millions d'or en 1911, on a broyé 24 millions de tonnes de minerai, soit environ 2 millions par mois, avec un rendement moyen de 35 francs d'or à la tonne et une dépense d'exploitation de 22 fr. 50. On se rappelle les résultats colossaux obtenus par les principales compagnies aurifères du Rand : Crown-Reef, Robinson, Ferreira Village, Mayer et Charlton, Geldenhuis, etc. Actuellement, on exploite au Transvaal les minerais de profondeur, dont la teneur est très inférieure à celle des quartz aurifères de la surface ; aussi la production est-elle devenue stationnaire avec une tendance à une diminution que les exploitants craignent de voir s'accentuer assez rapidement. L'affaiblissement des dividendes des mines sud-africaines est également dû à l'accroissement des frais d'exploitation, qui ont passé de 21 fr. 50 à 23 fr. 75 depuis 1914.

L'importance des mines de l'Amérique du Nord est restée à peu près stationnaire depuis dix ans, avec une moyenne de 500 millions par an. Plusieurs Etats interviennent dans l'extraction de l'or aux Etats-Unis, mais la caractéristique de ces gisements semble être un épuisement assez rapide. Tour à tour, la Californie, le Nevada, le Colorado et l'Alaska ont atteint une grande prospérité, mais n'ont pu s'y maintenir pendant bien longtemps.



ÉCHANTILLON D'OR NATIF FIBREUX DU COLORADO
(Reproduit aux 9/10e de sa grandeur).

La production aurifère des États-Unis a débuté en 1848, avec un chiffre de 52 millions, qui fut porté à 336 en 1853, grâce à la fameuse ruée ou « rush » des mineurs vers les placers de la Californie. En 1888, on était redescendu à 138 millions, par suite de l'épuisement des gisements californiens, remplacés alors par les mines du Nevada qui produisirent 101 millions en 1878 et seulement 14 en 1890. De même, le Colorado, parti de 22 millions en 1890, en fournissait 150 en 1900, pour redescendre ensuite à 102. L'Alaska passait de 4 millions en 1890 à 110 en 1906, pour retomber à 85. Au total, les Etats-Unis avaient produit, au 1er janvier 1912, environ 18 milliards d'or, dont 7 milliards provenaient de la Californie. Le district le plus célèbre de l'Amérique du Nord en matière aurifère est celui de Cripple Creek, qui, de 1891 à la fin de 1905, a donné plus de 800 millions d'or. Dans le Nevada, les fameuses mines auro-argentifères du Comstock ont énormément fourni en 1878,



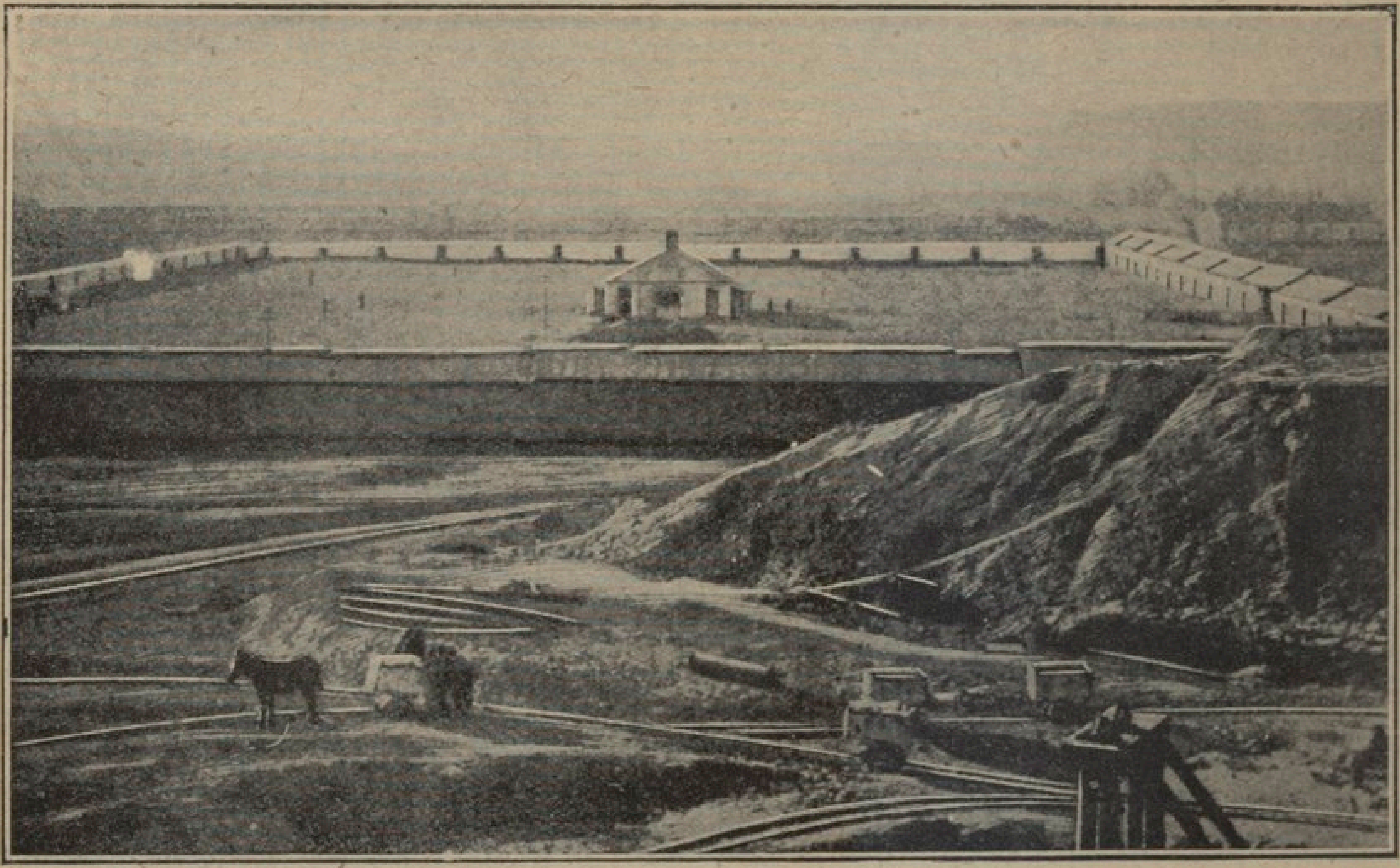
EXPLOITATION HYDRAULIQUE DE L'OR DANS LES MINES DE MADAGASCAR
On emploie, dans ce chantier aurifère, situé à Betaimby, la méthode d'abatage au moyen d'un jet lancé par un monitor. C'est une rénovation de l'ancienne méthode californienne.

pour retomber à 10 millions en 1900. Au Colorado, on cite les districts de Leadville et de Gilpin, dont les plombs argentifères sont très riches en argent et en or. Enfin, tout le monde se rappelle le « boum » formidable dû à la découverte des placers de l'Alaska, situés au cap Nome et sur le fleuve Yunkon (Klondike). En 1906, l'Alaska avait extrait 110 millions d'or. Ces placers s'appauvrirent ensuite extrêmement vite, mais on a repris les exploitations au moyen de dragues, comme on l'a fait en Californie.

L'Australie a également donné lieu à des exodes formidables de mineurs attirés par la richesse de ses placers. De 1851 à 1912, on avait tiré de ce mystérieux continent plus de 16 milliards d'or, grâce surtout à la richesse des mines de la province de Victoria, qui datent de 1856. En 1893, on découvrit les mines de l'Australie occidentale, situées dans le district de Kalgoorlie. La tendance générale de ces gisements est un appauvrissement lent. Les fameux districts de Bendigo et de Ballarat, dans la province de Victoria, ont maintenu cette dernière au premier rang de la production aurifère de l'Australie pendant de longues années, et, à elle seule, elle a fourni plus de 7 milliards.

La Russie est, avec le Mexique, l'un des rares Etats où l'extraction de l'or ait notablement progressé pendant ces dernières années, grâce à la mise en exploitation des gisements de l'Est sibérien, du bassin de la Lena et de la région du Baïkal. Les anciennes mines sont surtout situées dans l'Oural, ainsi que dans la province de l'Amour, la Transbaïkalie et la Sibérie occidentale ou orientale. En 1910, les mines russes ont fourni un peu plus de 186 millions d'or.

Le Mexique est le dernier pays qui occupe une place dans la liste des régions dont la production dépasse 100 millions d'or par an. Les troubles politiques ont retardé le développement des grandes mines mexicaines, dont les plus connues sont celles d'El Oro, dos Estrellas et Esperanza. Il est permis de croire que ce pays se développera lorsque le calme sera rétabli et qu'on aura pu appliquer au traitement des minerais les procédés perfectionnés en usage dans les autres grands districts aurifères (cyanuration, tube mills, etc.).



VUE D'UN « COMPOUND », OU CAMP DE MINEURS, AU TRANSVAAL

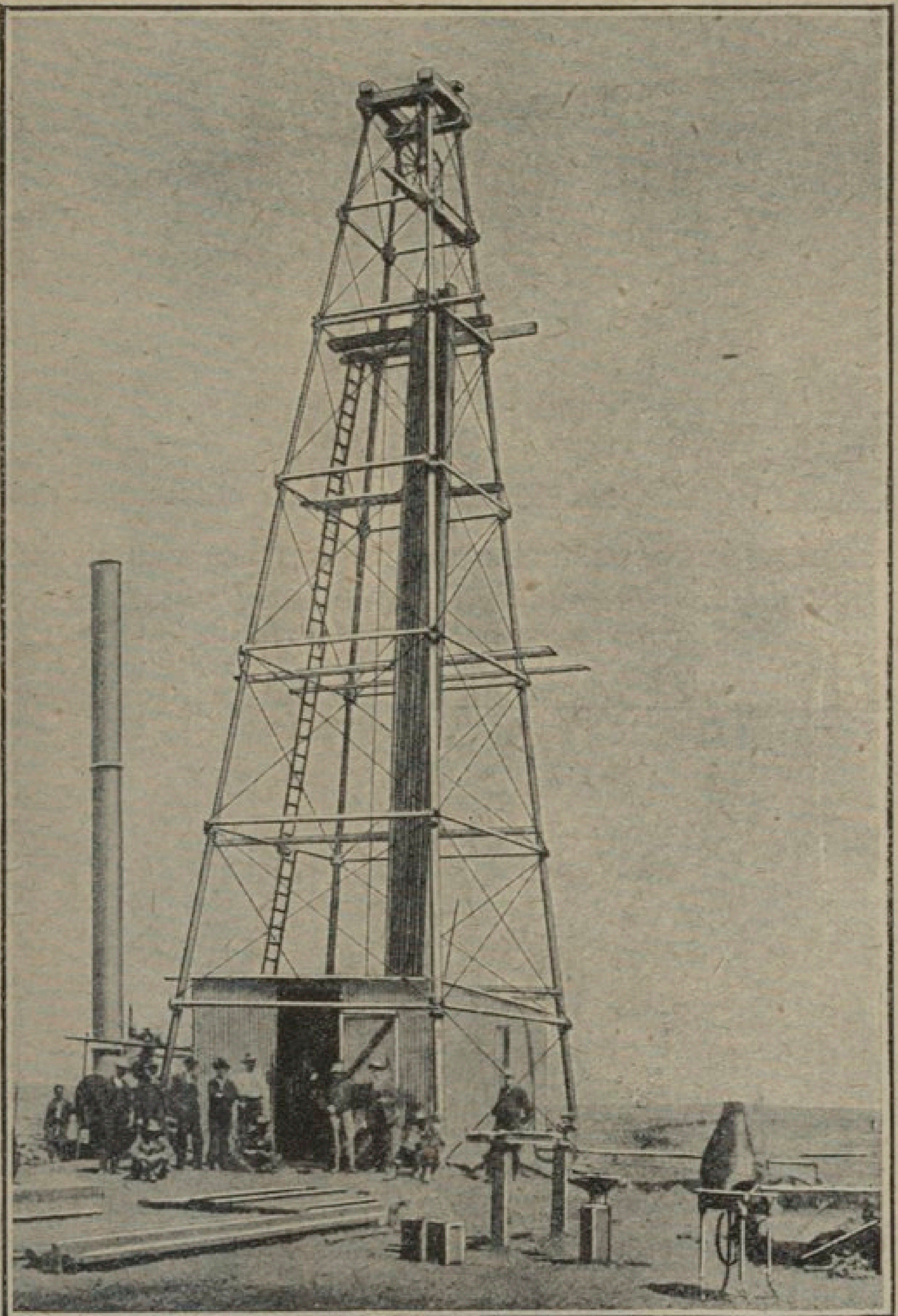
Parmi les autres régions fournissant de l'or, citons la Rhodesia, les Indes, la Chine et la Corée, le Canada, le Brésil, la Colombie, les Guyanes et la Côte d'Or (ouest africain). En Europe, l'Etat hongrois exploite ses mines de Transylvanie qui donnent environ 3.300 kilos d'or par an dans les districts de Zalathna, Nagybanya, etc. Enfin la France, dont les gisements aurifères exploités par les Romains avaient subi une longue éclipse, est redevenue un pays producteur d'or. Le

premier moulin fut installé en 1904, dans la Mayenne, à la Lucette, puis vinrent, en 1905, les usines de la Bellière (Maine-et-Loire), du Châtelet (Creuse) et de Langeac, près Brioude. A la Lucette, l'or est associé avec l'antimoine dans des stibines aurifères. On traite des mispickels aurifères à la Bellière, ainsi qu'au Châtelet, où ils sont disséminés dans des quartz. On avait repris avant la guerre l'étude générale des pegmatites aurifères, abondantes dans le Limousin, de même que celles de certaines roches spéciales du Plateau Central où l'or se trouve rapproché de l'étain.

La production des usines françaises était à peu près de 3.000 kilogrammes par an.

On voit que l'or, tout en ayant conservé sa valeur, ne peut plus être considéré comme un véritable métal rare, puisqu'on en extrait aujourd'hui plus de 700.000 kilos par chaque année au lieu de 15.000 en 1830.

Il s'en faut de beaucoup que le métal jaune serve exclusivement à la fabrication des monnaies, car l'industrie absorbe actuellement le quart de l'or mis chaque année sur le marché. On remédie au principal défaut de l'or, qui est de ne pas être assez dur, en le mélangeant à du cuivre pour obtenir les alliages admis par la loi et dont le titre varie de 840 à 920 ‰. Les principales industries qui emploient ces alliages sont la fabrication des bijoux et des montres, la lunetterie, les produits chimiques et photographiques, le matériel dentaire. On se sert également beaucoup de l'or en feuilles très minces pour les enseignes, la reliure, la dorure des métaux. Tréfilé, l'or sert à faire des galons, des dentelles, des aiguillettes ; de même qu'en poudre on l'emploie dans l'ameublement, dans les laques japonaises, etc. Enfin, l'orfèvrerie utilise deux sortes d'alliages dits premier titre (920 ‰) et deuxième titre (840 ‰).

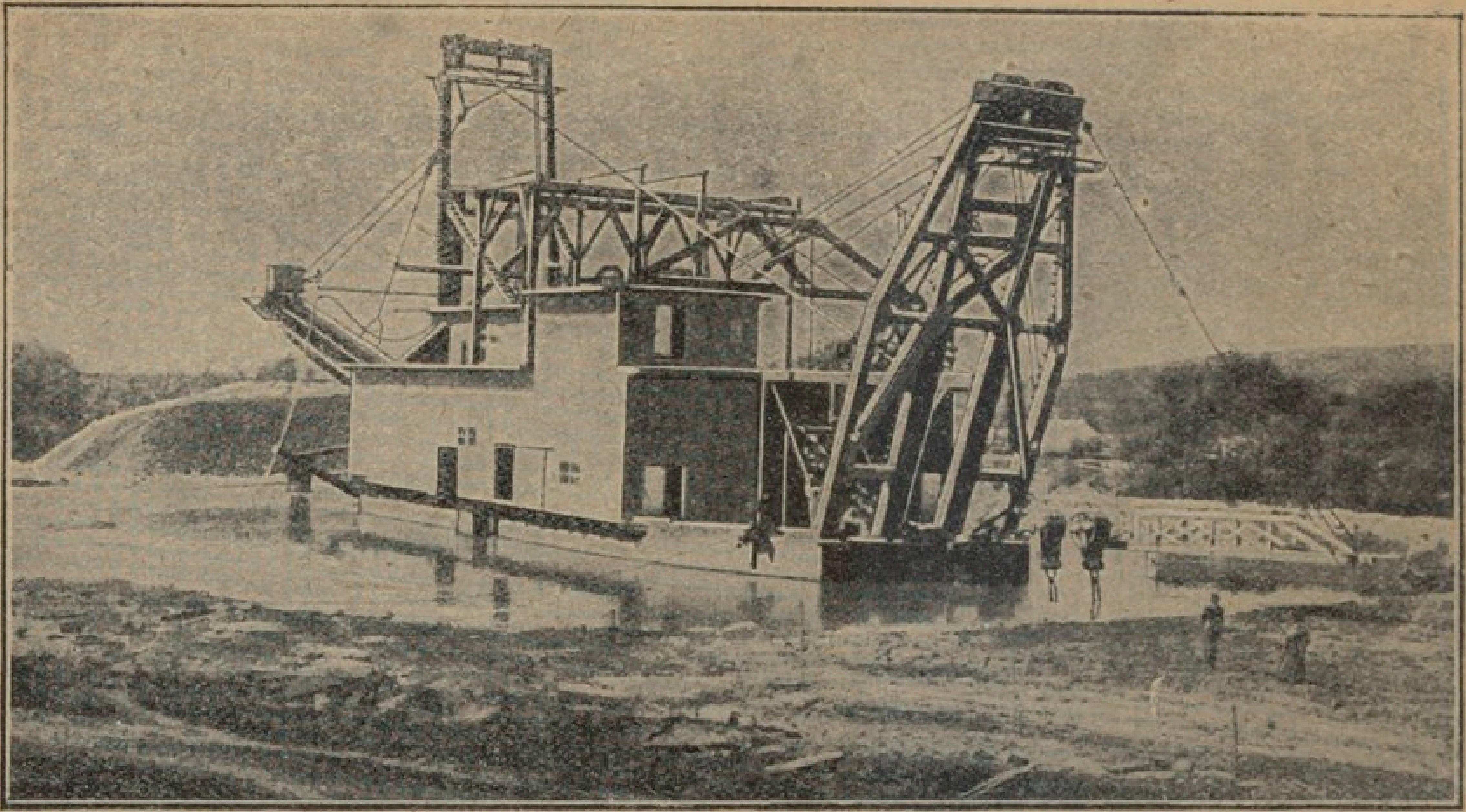


ATELIER DE SONDAGE D'UN GISEMENT AURIFÈRE

La prospection des couches de quartz aurifère du Transvaal a exigé le forage de plusieurs milliers de trous de sonde que l'on perce au diamant noir au moyen d'appareils à percussion ressemblant aux « sonnettes » de nos entrepreneurs.

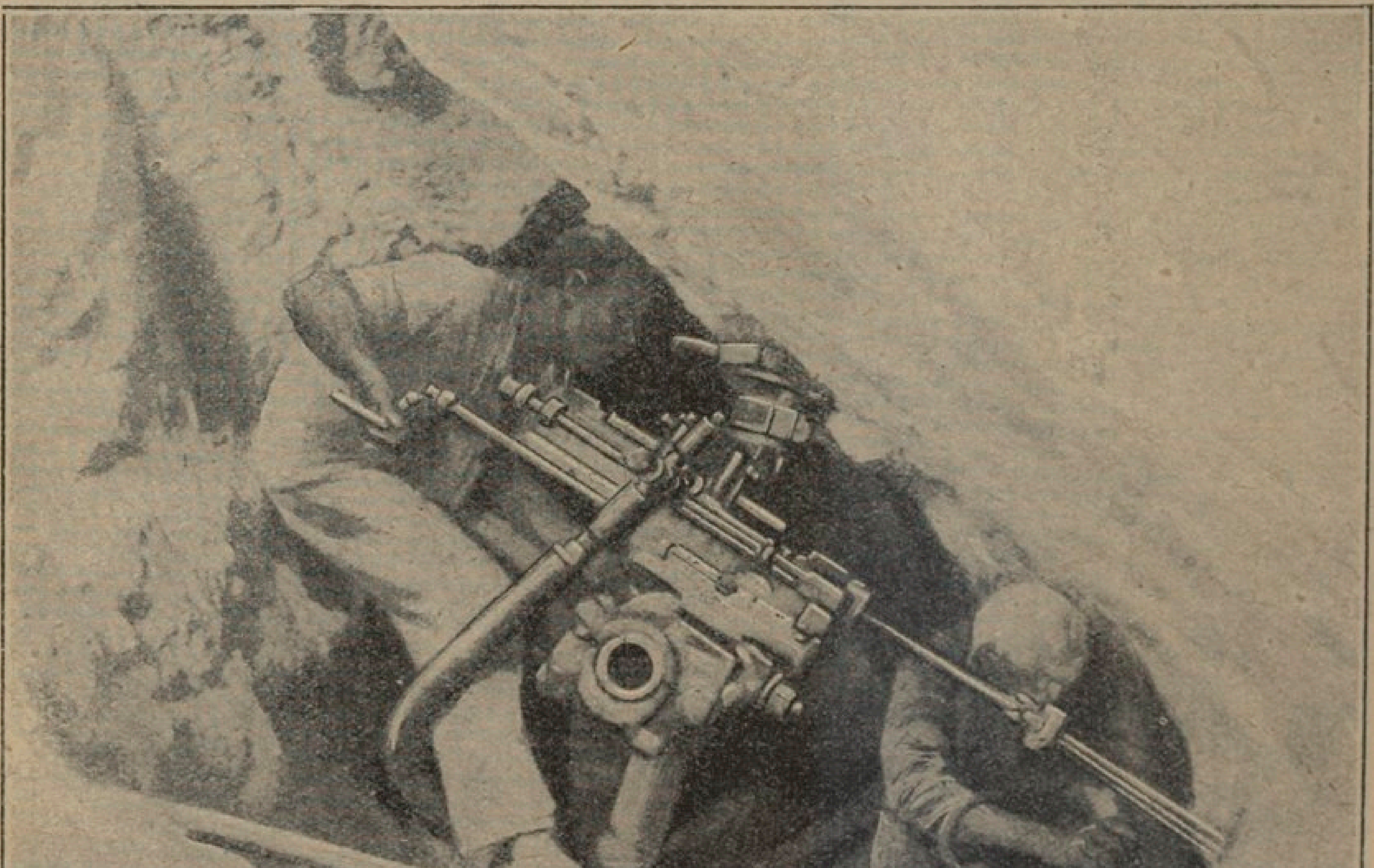
Le monnayage absorbe 60 % de l'or extrait et donne lieu à une usure assez considérable, bien qu'on se serve à cet effet d'un alliage d'or et de cuivre à 900 ‰. L'usure de l'or monétaire, que l'on appelle *frai*, représente environ 1 ‰ en huit ans. Pour donner une idée de l'importance de la frappe des monnaies d'or, disons que, de 1873 à 1904, on avait fabriqué un nombre de pièces d'une valeur de 35 milliards, ce qui représente une mise en œuvre d'environ 10 millions de kilos ayant donné lieu à une perte par usure de 40.000 kilos correspondant à une somme de 140 millions.

Il est une autre cause de disparition de l'or qu'il est très difficile d'évaluer exactement, mais dont l'importance paraît être plus considérable qu'on ne le croit. Il disparaît tous les ans une quantité d'or, évaluée



DRAGUE EMPLOYÉE A L'EXPLOITATION DES PLACERS AURIFÈRES

Pour traiter les alluvions aurifères de certaines rivières africaines ou américaines, on drague le sable que l'on met en tas sur les rives.



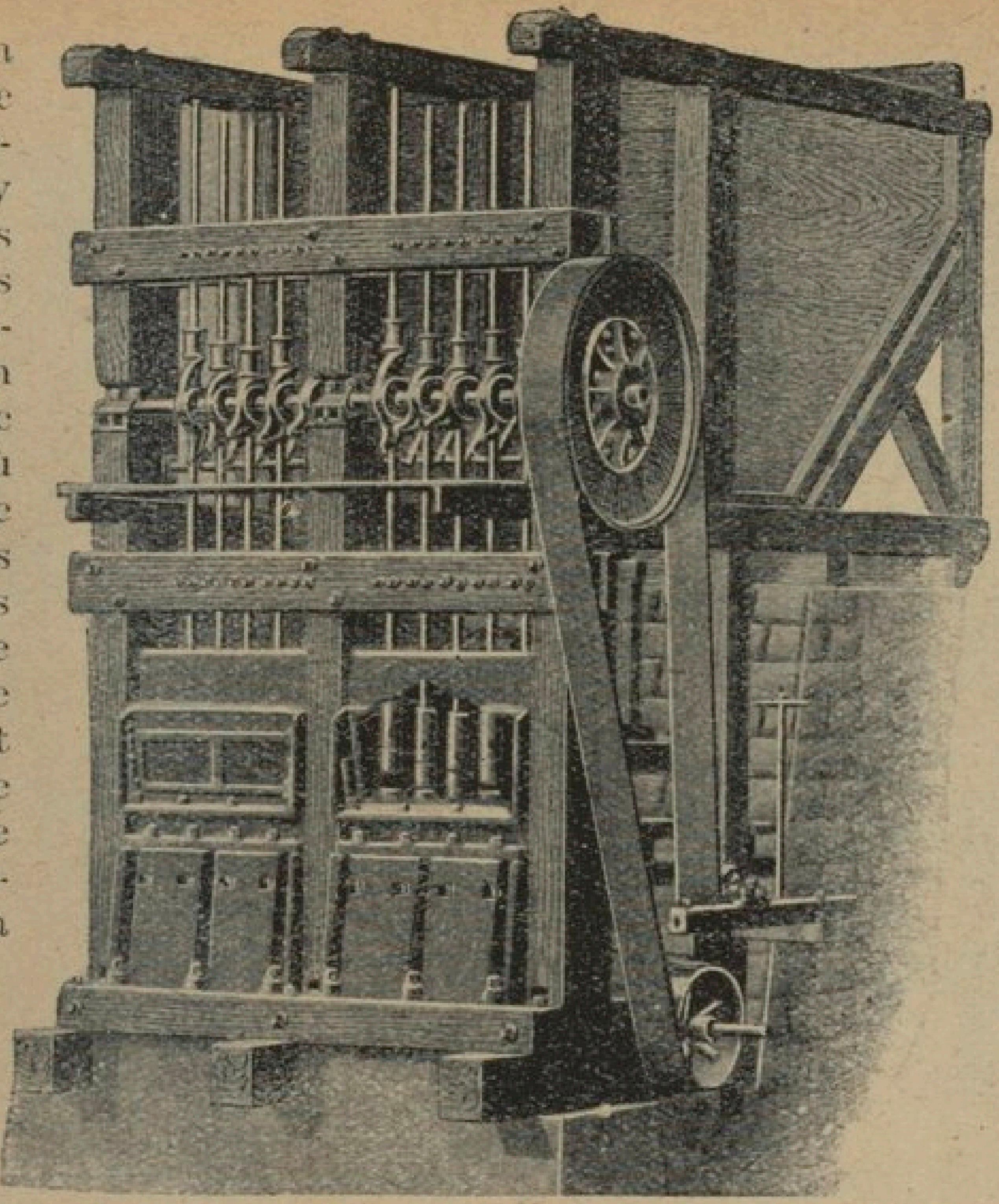
MINEURS TRAVAILLANT, AU TRANSVAAL, DANS UNE VEINE ÉTROITE

On voit quels services rend la perforatrice pneumatique dans le cas où l'on doit abattre le minerai dans des conditions particulièrement difficiles comme celui qui est représenté ci-dessus et qui a été observé dans les exploitations de la mine Meyer et Charlton, dans le Witwatersrand.

entre 6 et 7 % de la production, qui se dirige vers l'Extrême-Orient pour y être enfouie dans les trésors des rajahs hindous et des mandarins chinois ou bien simplement pour être gaspillée en Chine, où il est de mode de brûler des feuilles d'or dans certaines cérémonies ou encore par plaisir. C'est une perte sensible, dont une partie se récupère très lentement en ce qui concerne les sommes consacrées à la thésaurisation.

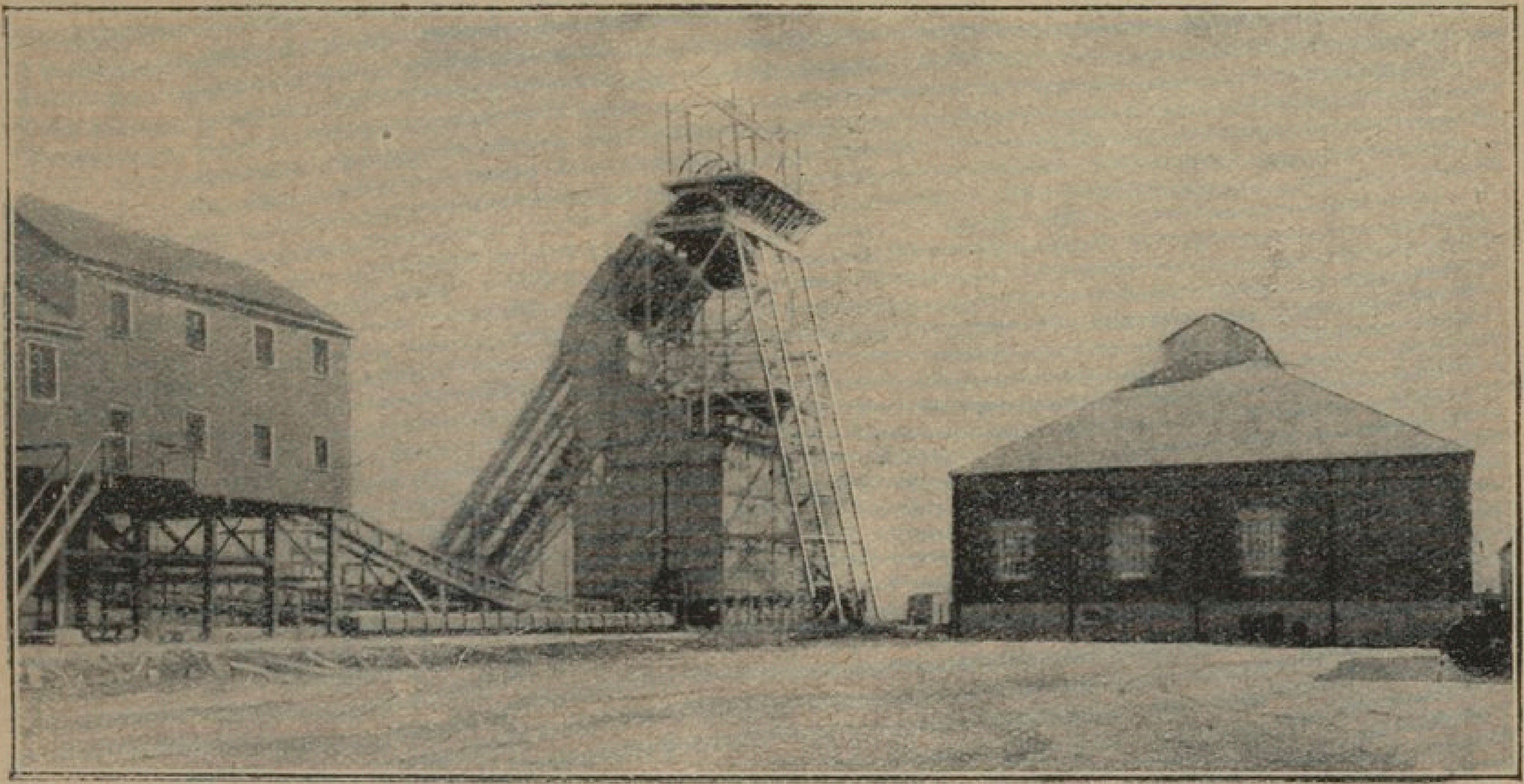
Occupons-nous seulement de la fraction de l'or appliqué au monnayage et qui représente, comme nous l'avons dit plus haut, 60 % de l'extraction annuelle.

L'or monnayé se dirige en masse considérable vers les grandes banques d'Etat dont il sert à gager la circulation de billets. C'est ainsi qu'à la veille de la guerre, les banques des cinq grands pays alliés : France, Angleterre, Russie, Italie, Japon possédaient plus de 11 milliards d'or en réserve dans leurs caves. Les neutres d'Europe en détenaient environ 1.400 millions à la même époque, mais il est très difficile de se faire une idée exacte de ce que pouvaient posséder les Empires centraux et leurs alliés turcs et bulgares. En effet, l'Allemagne seule publie les comptes de sa banque d'Etat, dont l'encaisse était d'environ 1.700 millions d'or. Enfin, au 24 décembre 1914, il y avait à peu près 1.200 millions d'or et



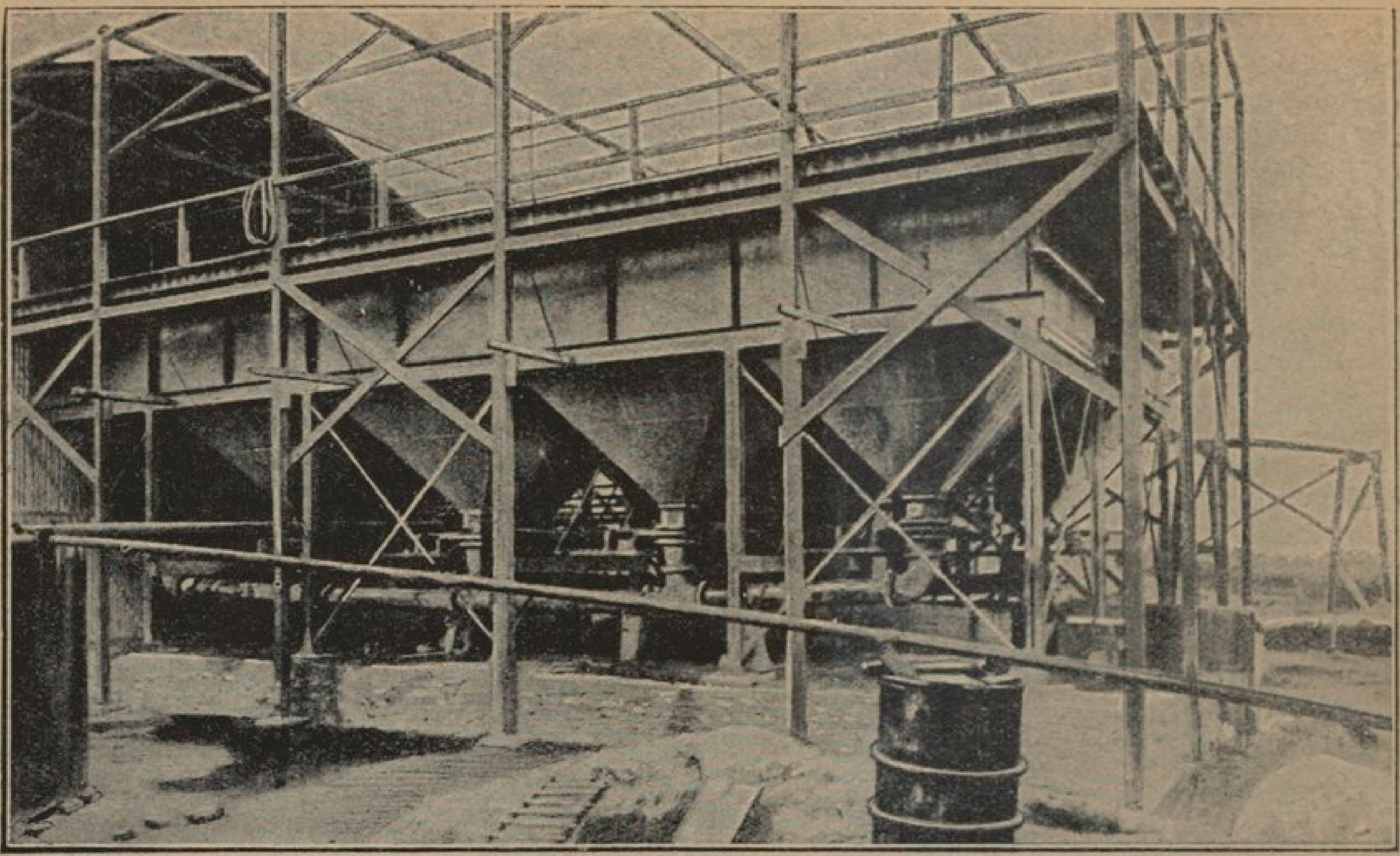
BOCARD A PILONS VERTICAUX SERVANT AU BROYAGE DES QUARTZ AURIFÈRES

Chaque mine d'or possède plusieurs centaines de ces bocards dont les pilons, bien qu'en acier dur, s'usent très rapidement.



VUE GÉNÉRALE DES INSTALLATIONS D'UNE MINE D'OR, AU TRANSVAAL

Ce chevalement métallique, destiné à une extraction au moyen de moteurs électriques, a été construit par la Compagnie Westinghouse pour le compte de la West Rand Consolidated Gold Mines, dans le Witwatersrand (Sud-Africain).



FILTRATION DES « SLIMES » OU BOUES AURIFÈRES DU TRANSVAAL

Cette batterie de cinq filtres, installée par la Société des mines d'or Crown Reef, peut traiter par jour 1.000 tonnes de boues aurifères.

de certificats dans les caisses des banques fédérales de réserve aux Etats-Unis.

Dès la déclaration de la guerre, chacun des deux grands groupes belligérants s'était efforcé d'attirer vers les caisses de ses banques d'Etat la plus grande quantité d'or possible, afin de gager les émissions colossales de billets qu'il allait falloir créer pour solder les dépenses militaires et autres.

Au contraire, certains neutres avaient tendance à empêcher l'afflux de l'or, que la Suède et les Etats-Unis, notamment, considéraient comme indésirable : ce qui constitue un fait véritablement nouveau et curieux au point de vue économique.

En ce qui concerne les puissances de l'Entente, l'augmentation des encaisses bancaires a eu lieu d'une manière presque automatique et naturelle, puisque la plus grande partie de l'or produit restait entre leurs mains. Au mois de juin 1916, plus de 5 milliards d'or s'étaient ajoutés aux 11 milliards du début de la guerre. Malgré les énormes paiements soldés à l'étranger par la France, notre banque d'Etat a pu maintenir son stock d'or à un niveau très élevé, qui dépassait 5.300 millions au 4 octobre 1917.

La Banque de Russie a eu l'augmentation la plus considérable de toutes, si l'on tient compte des énormes disponibilités que le Trésor russe possède à l'étranger. Seule la Banque d'Italie a vu son encaisse fléchir par suite de sorties d'or qui ont servi à payer des achats de vivres et de matériel.

Autant qu'on peut s'en faire une idée exacte, malgré le mutisme des alliés de l'Allemagne sur leur situation financière, le stock d'or visible dans les caisses de la Banque d'Etat, à Berlin, a augmenté d'environ 1.400 millions depuis la guerre.

Pendant que les Alliés s'efforcent de retenir l'or dans leurs caisses, celui-ci tend à s'écouler naturellement chez les neutres, par suite du jeu des échanges commerciaux. L'encaisse totale des six Etats neutres d'Europe avait passé de 1.400 millions à plus de 3 milliards au commencement de juin 1916. L'augmentation a surtout été considérable pour la Hollande, dont le stock de métal jaune a triplé, tandis qu'il doublait en Norvège et en Espagne.

Cette augmentation s'est surtout fait sentir aux Etats-Unis où, malgré les efforts du gouvernement pour éloigner l'or, il s'en est concentré, par suite des ventes de munitions et d'armes à presque tous les belligérants, une quantité formidable qu'on évalue à au moins 18 milliards, dont le Trésor fédéral détient la plus grosse partie.

On sait que l'accroissement que nous

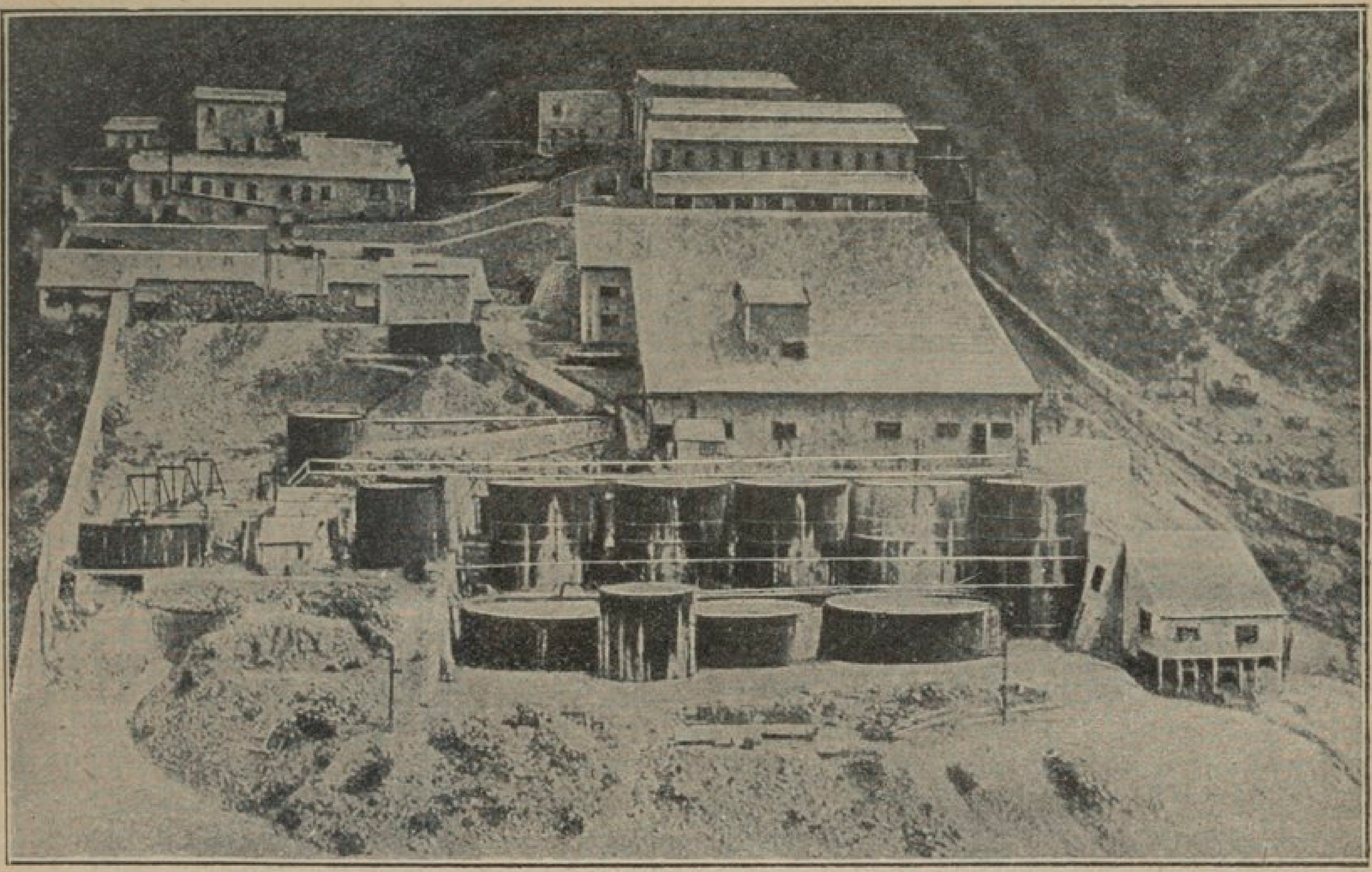
avons signalé plus haut pour la Banque d'Allemagne est dû aux efforts du gouvernement pour faire sortir l'or de la bourse des particuliers et probablement aussi aux paiements en or du matériel de guerre cédé par les Allemands à leurs alliés. En France également, l'encaisse de la Banque a pu être maintenue grâce aux versements effectués par la population civile et aussi par un grand nombre de militaires désireux de coopérer à la victoire aussi bien par ce sacrifice d'argent que par celui de leur propre existence. En Allemagne, on a eu recours à des moyens plus conformes aux habitudes de rapine du Trésor prussien. Les voyageurs étaient arrêtés aux frontières et l'on confisquait leur or que l'on remplaçait par des billets. De même, un stock considérable de bijoux d'or a été fondu, et le produit en a été envoyé à la Reichsbank pour être échangé contre du papier. Enfin, on a menacé les détenteurs de pièces d'or de remplacer les monnaies en circulation par des médailles de fer. Bien que cette menace n'ait pas été suivie d'exécution, il est certain qu'elle a beaucoup contribué à faire sortir une certaine quantité d'or des bas de laine de la population germanique.

D'après les statistiques publiées sur l'extraction de 1916, on constate que, malgré les difficultés de l'exploitation des mines d'or, la plupart des grands pays producteurs ont augmenté ou maintenu l'importance de leurs livraisons, ce qui est significatif.

Le Transvaal a pu dépasser, l'an dernier, les chiffres de 1912, et a sorti plus d'un milliard de ses gisements. Le chiffre de la population ouvrière, qui avait beaucoup baissé au début des hostilités, atteignait récemment 170.000 mineurs indigènes ; le rendement de la main-d'œuvre a certainement augmenté sensiblement, car, ainsi qu'on l'a dit plus haut, la richesse du minerai diminue dans la plupart des exploitations.

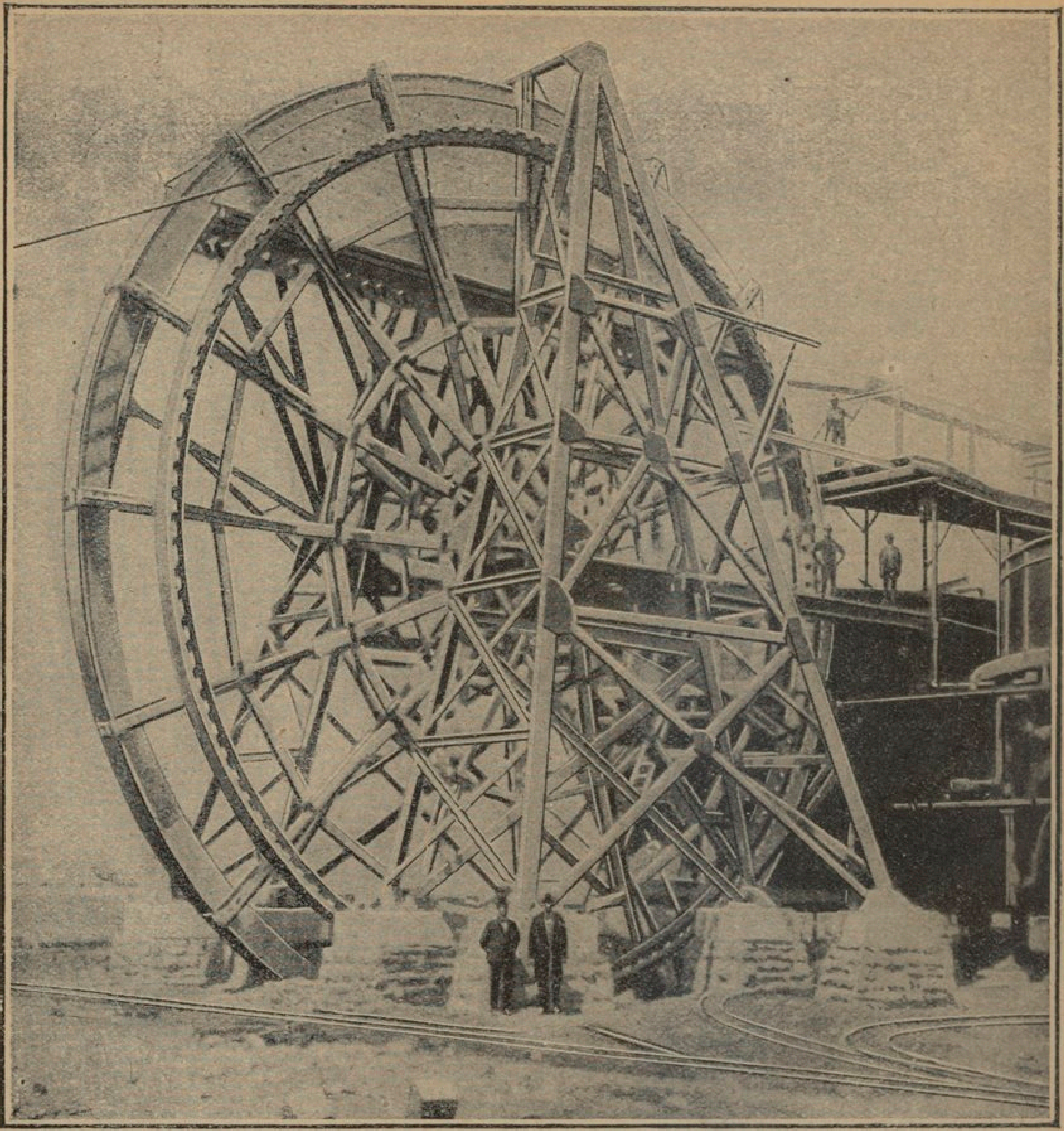
De même, les Etats-Unis ont pu maintenir leur production continentale à 500 millions en 1915. L'an dernier, on a constaté une diminution de 50 millions, et il est possible que la conscription ait pour effet de faire baisser la production des mines de l'Union.

La Russie, en proie aux difficultés d'ordre intérieur que l'on connaît, a vu diminuer sérieusement l'extraction de ses mines d'or pendant les deux dernières années. Le gouvernement fait actuellement des efforts pour attirer vers l'exploitation des placers et des filons aurifères de la Sibérie et de l'Oural des capitaux étrangers, dont la collaboration permettrait de développer les travaux aujourd'hui négligés par suite de la mauvaise



BATTERIE DE RÉSERVOIRS DE CYANURATION DANS UNE MINE MEXICAINE

Les boues aurifères sont traitées au cyanure dans des réservoirs métalliques situés au-dessus des batteries de pilons employées pour le broyage des minerais.



ROUE ÉLÉVATOIRE DES BOUES AURIFÈRES DANS UNE MINE DU TRANSVAAL

Cette roue, qui a 18 mètres de diamètre, sert à élever les résidus provenant du traitement des boues par la cyanuration au niveau des canalisations aériennes qui les transportent vers les appareils où l'on extrait l'or qu'ils peuvent encore contenir.

situation des finances de l'Etat. Tout donne à penser que des concours seront fournis.

La guerre a eu sur l'économie financière des grands Etats une autre conséquence dont les résultats commencent seulement à se faire jour actuellement. On sait que presque tous les pays du monde avaient strictement limité la frappe de l'argent comme monnaie, à cause de la baisse persistante du métal blanc. De 1885 à 1891, le prix moyen annuel de l'argent s'était tenu entre 40 et 50 pence par once de 31 grammes. A partir de cette époque, la production ayant beaucoup augmenté, les prix tendent constamment à fléchir malgré les efforts du gouvernement américain qui, depuis 1878, achetait de l'argent métal pour maintenir les cours. Quand le Trésor de Washington cessa cette politique, les prix s'effondrèrent et ne remontèrent plus. En 1914, la valeur moyenne de l'argent était de 25 pence à Londres où se trouve le grand marché du métal. Pendant les premiers mois de 1915, MM. Mocatta et Goldsmid signalaient

des cotes très faibles dépassant à peine 23 pence. Actuellement, au contraire, l'argent métal a retrouvé les quotations de 1891 avec un cours tendant vers 50 pence.

Ce fait est dû à diverses causes. En premier lieu, l'extraction a plutôt diminué qu'augmenté, comme nous le verrons plus loin ; d'autre part, les réserves d'écus des grandes banques, autrefois considérées comme gênantes, ont été, partiellement au moins, remises en circulation pour faciliter les échanges. Enfin, l'argent a un intérêt industriel qui est plutôt en voie d'augmentation sensible.

En 1913, dernière année pour laquelle on possède des statistiques complètes, le monde entier avait produit 7.745 tonnes d'argent, dont 1.500 pour l'Europe et 6.000 pour toute l'Amérique.

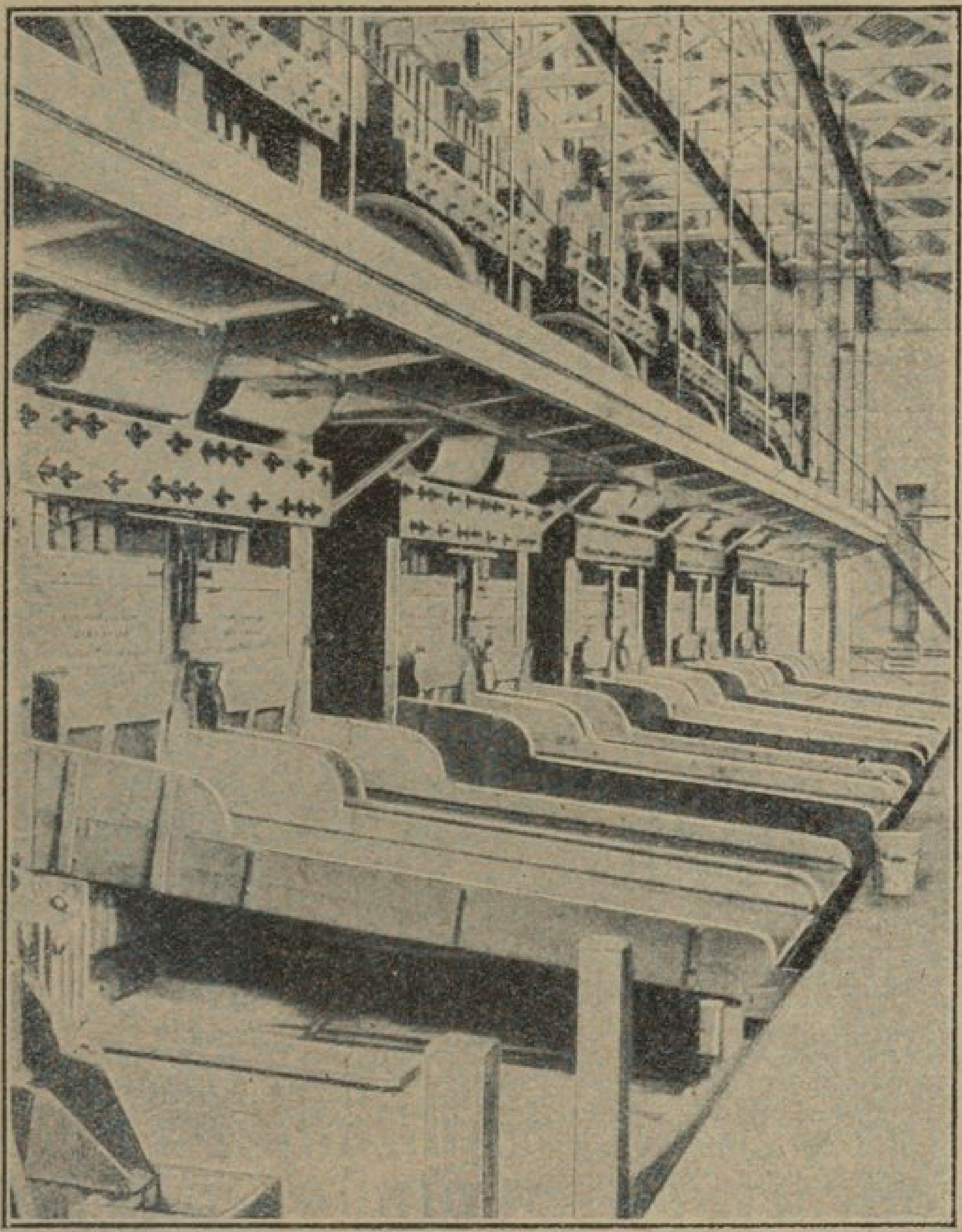
Comme pour l'or, les Etats-Unis viennent en tête de cette production et figurent à eux seuls pour 4.000 tonnes. On y trouve l'argent soit isolé, soit combiné avec d'autres métaux dans un grand nombre de minerais plombeux, zincifères ou cuprifères, notamment dans les Etats suivants : Nevada, Idaho, Utah, Montana, Colorado, Arizona. Le principal producteur américain, après les Etats-Unis, est le Mexique, qui fournit environ 1.200 tonnes par an. On voit que les anciennes mines d'argent de l'Amérique du Sud, qui ont attiré autrefois des conquérants portugais et espagnols, ne jouent plus qu'un rôle effacé dans la production actuelle. Parmi les Etats européens, il n'en est aucun dont l'extraction dépasse 600 tonnes. L'Allemagne vient en tête avec un peu plus de 500 tonnes provenant surtout du traitement des plombs argentifères.

Londres est le grand marché dispensateur de l'argent produit dans le monde, et on y reçoit environ annuellement près de 600.000 kilos de métal blanc. La capitale de la Grande-Bretagne fournit des espèces monnayées aux possessions anglaises d'outre-mer ainsi qu'à la Chine, qui est, avec les Indes britanniques, le plus fort acheteur du monde, depuis que le Trésor américain a cessé ses acquisitions, en 1893, sur l'initiative du président Cleveland. Pendant la période quinquennale 1907-1911, les Indes, à elles seules, ont reçu d'Angleterre environ 1.150 tonnes d'argent.

L'extraction de l'argent s'est donc beaucoup développée, car, en 1868, elle ne dépassait pas 48.000 kilos. On extrayait 400 tonnes en 1870 et environ 2.000 en 1892, c'est-à-dire à peu près le quart de la production actuelle.

Les circonstances financières créées par l'état de guerre ont rendu une certaine importance au métal blanc que l'or tendait à chasser de plus en plus du marché monétaire. Il est toutefois certain qu'après la conclusion de la paix, le prix de l'argent métal tendra à redescendre et que l'encaisse en écus des grandes banques reprendra sa valeur initiale au profit de la monnaie d'or, qui pourra alors être remise en circulation.

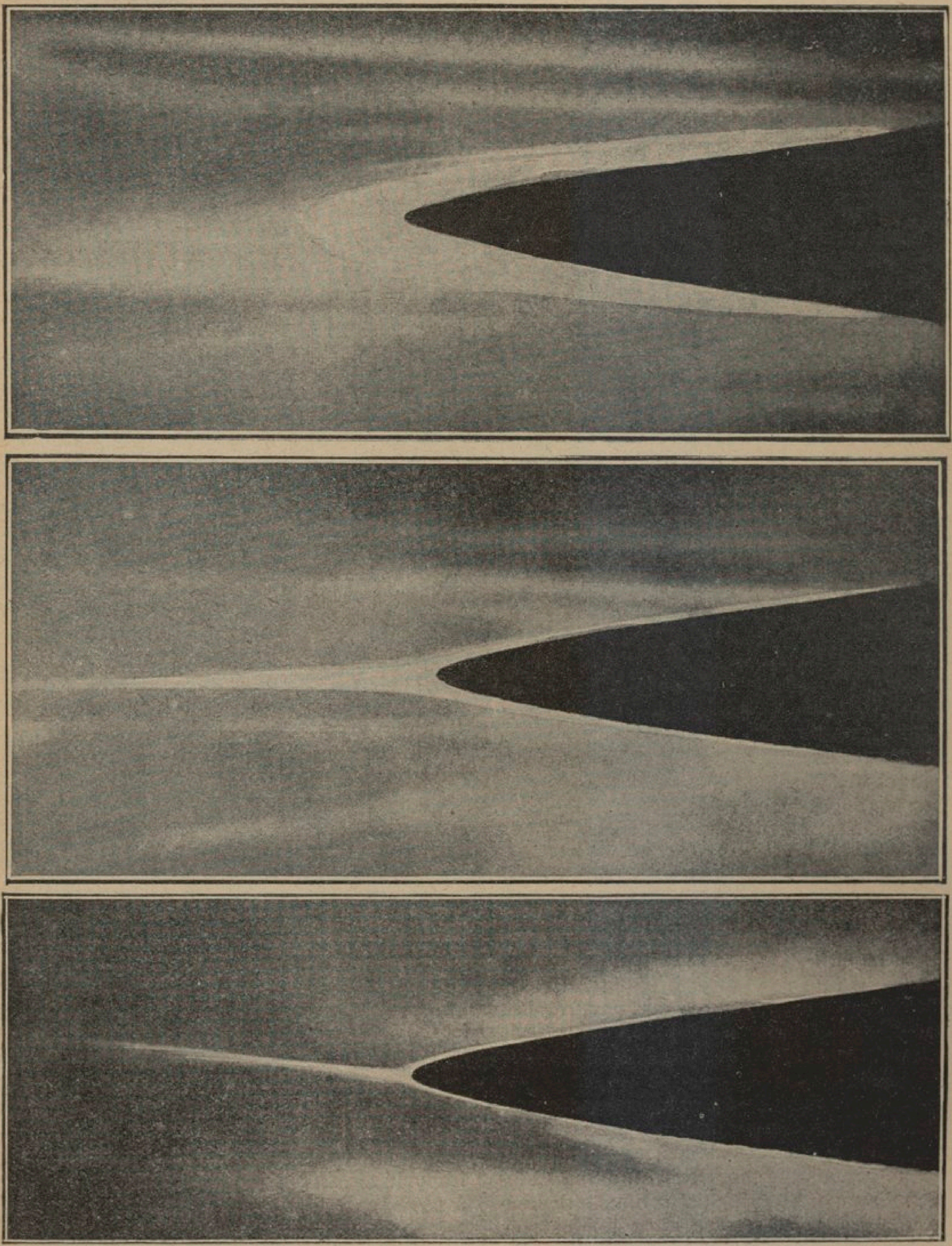
DOMINIQUE BEAUVILLIERS.



VUE INTÉRIEURE D'UNE BATTERIE DE PILONS DE BROYAGE DU MINERAI D'OR

Les quartz aurifères, et notamment ceux du Transvaal, renferment l'or à l'état de particules très fines. On broie ces quartz en fines poussières pour extraire l'or par la cyanuration.

FORMATION DES REMOUS SUR UNE CARÈNE DE DIRIGEABLE



Le modèle de carène est plongé dans un courant d'eau animé d'une certaine vitesse. Cette eau est teintée, ce qui permet d'enregistrer plus facilement la formation des remous. Grâce à l'excellent profil de cette carène, on voit qu'il ne se produit sur la poupe représentée ici qu'une dépression extrêmement faible. Les filets d'eau s'écoulent très régulièrement sur les flancs du modèle et viennent se réunir à l'arrière sans former de tourbillons.

QUELQUES SOLUTIONS MÉCANIQUES DU PROBLÈME DE LA RÉSISTANCE DE L'AIR

Par Georges HOUARD

La vie intense, et de plus en plus accélérée, que nous vivons au siècle présent est une véritable course où le succès sourit à celui qui sait allier la rapidité à l'esprit de méthode et d'organisation.

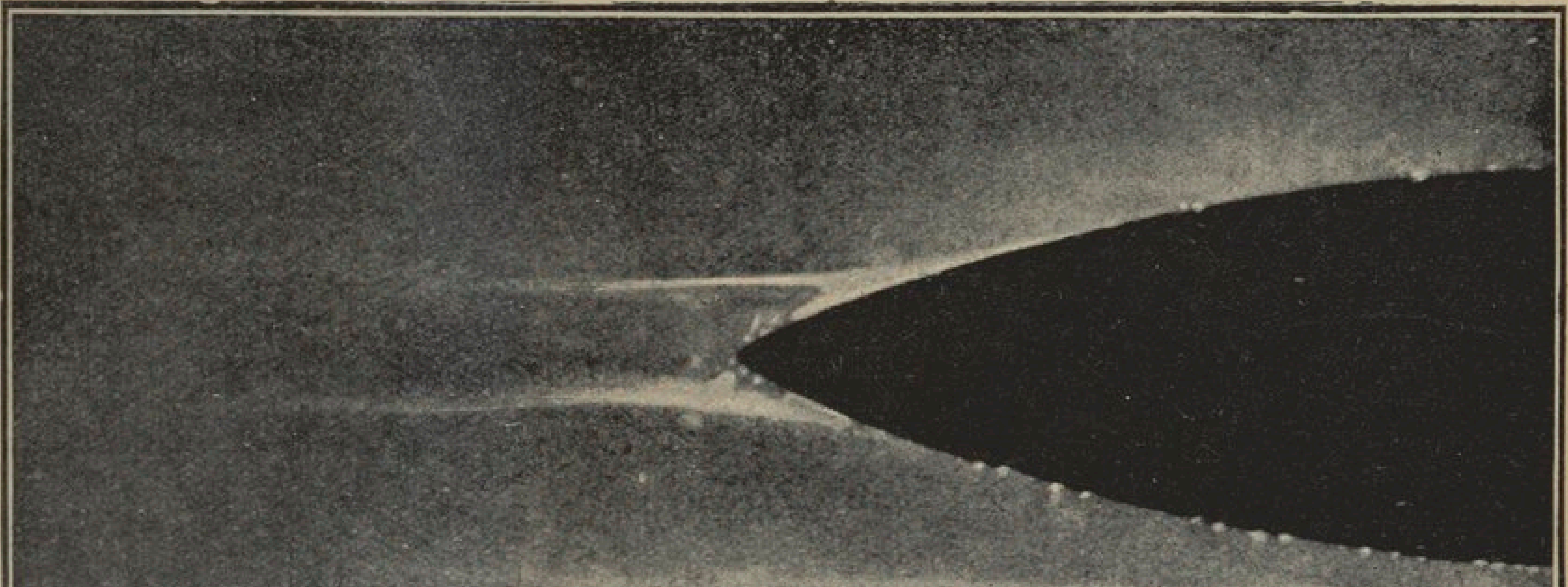
Ce besoin d'aller vite, que nous éprouvons aujourd'hui dans tous les actes de la vie, nous a naturellement conduits à rechercher des moyens de locomotion de plus en plus rapides. Longtemps, l'homme n'eut que ses jambes pour le porter ; le cheval fut ensuite l'unique moyen de transport terrestre, dont il se servit pendant des siècles. Puis, apparurent enfin le bateau à vapeur, le chemin de fer, l'automobile, l'aéroplane. L'homme qui, autrefois, n'avançait guère à plus de 6 kilomètres à l'heure, peut actuellement se déplacer sans grand effort à près de 240.

Les plus *grandes vitesses moyennes* ont été, jusqu'à présent, obtenues par les aéroplanes. Une locomotive électrique d'un type très perfectionné a atteint le 216 à l'heure ; une automobile, le 212 ; un avion, le 240.

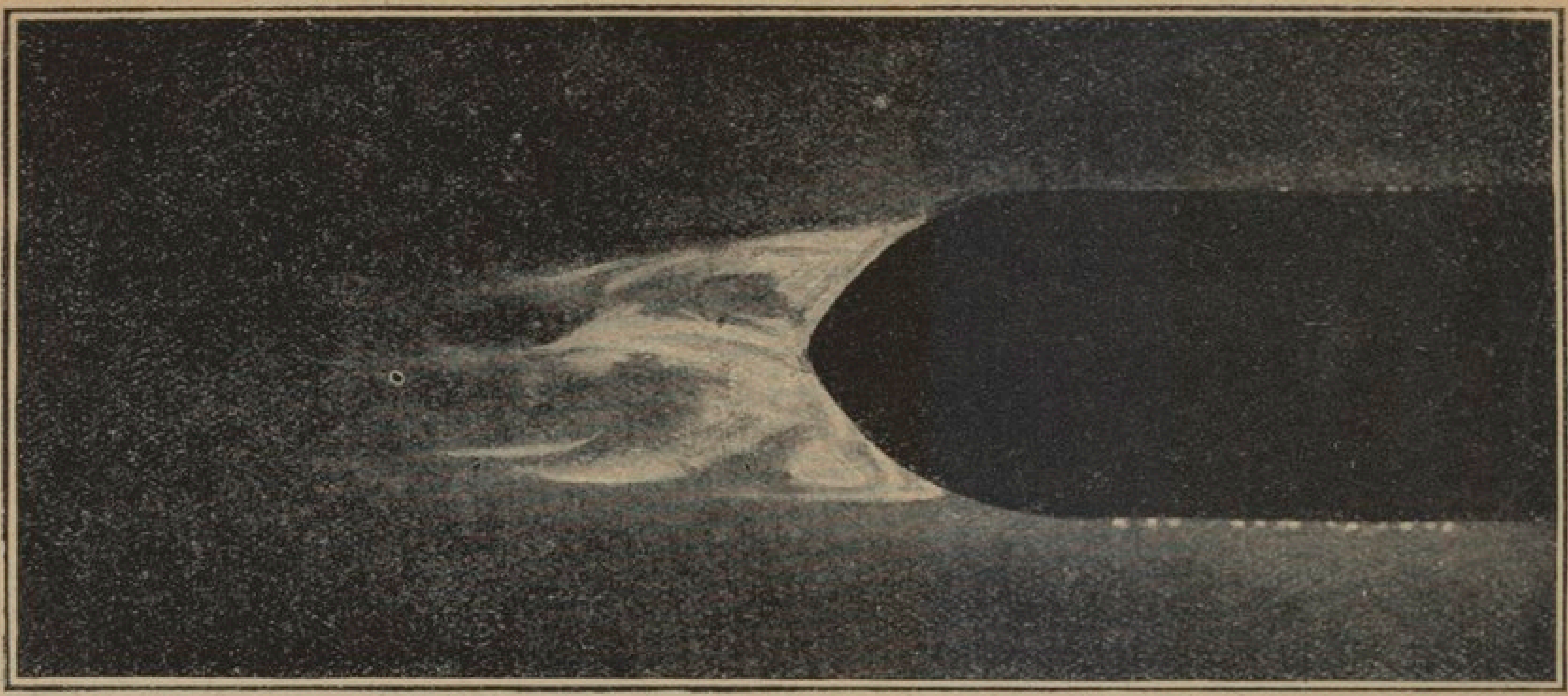
La locomotive et l'automobile n'ont réalisé ces vitesses qu'au cours d'un essai, c'est-à-dire dans des conditions tout à fait exceptionnelles. Dans la pratique, la vitesse moyenne de ces deux machines n'est que de 100 kilomètres environ, ce qui est déjà bien.

L'aéroplane actuel, au contraire, vole généralement à plus de 200 à l'heure, tout au moins en ce qui concerne les avions de chasse. Le 200 a été obtenu dès l'année 1913 par Prévost et Emile Védrines sur des appareils Deperdussin et Ponnier. Depuis la guerre, les sociétés Spad, Nieuport et quelques firmes anglaises ont dépassé le 210, et cette vitesse prodigieuse a été maintenue au cours de vols dont la durée a été de plusieurs heures. Cette allure peut donc être considérée comme constante. Quant à celle de 240 à l'heure, elle a été approchée de très près, au cours d'une expérience de mise au point réalisée, il n'y a pas très longtemps, sur un aérodrome voisin de Paris.

Pour obtenir de semblables vitesses, il a naturellement fallu pourvoir les machines d'une puissance motrice considérable. L'automobile a reçu un moteur de 250 chevaux ; l'aéroplane a vu sa puissance portée entre



SUR CETTE POUPE, MOINS EFFILÉE QUE CELLES REPRÉSENTÉES A LA PAGE PRÉCÉDENTE, LES REMOUS SONT DÉJA PLUS IMPORTANTS



ON REMARQUE ICI LE VIOLENT TOURBILLON FORMÉ A L'ARRIÈRE D'UNE CARÈNE DONT LA POUPE EST CONSTITUÉE PAR UNE CALOTTE DEMI-SPHÉRIQUE

180 et 220 chevaux — puissance généralement adoptée sur les monoplaces actuels.

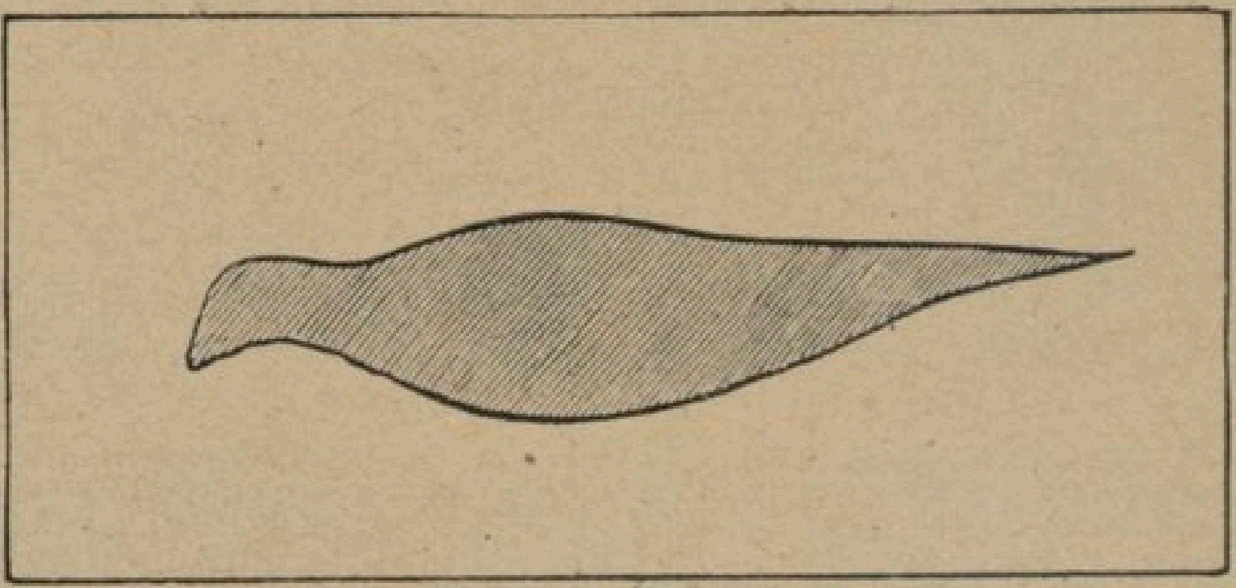
C'est grâce, en partie, à ces énormes puissances qu'on a pu atteindre et dépasser la vitesse de 200 kilomètres à l'heure. Or, en admettant que la construction de la machine le permette, pourrait-on doubler, tripler ou quadrupler cette vitesse en augmentant la puissance motrice dans ces proportions? Certainement non; il est même très difficile, lorsqu'on parvient à une vitesse aussi élevée, de l'accroître sensiblement, car on se heurte au plus grand obstacle qui s'oppose à l'avancement des corps, c'est-à-dire à la résistance de l'air.

Dans la locomotion à grande vitesse, la résistance de l'air constitue l'un des problèmes les plus ardus qu'il faille résoudre. Plus on va vite, plus est grande cette résistance. On sait qu'elle croît comme le carré de la vitesse, ce qui est énorme. Cette règle s'applique à tous les véhicules : aux locomotives, aux automobiles qui circulent à la surface de la terre ; aux dirigeables et aux aéroplanes qui évoluent à travers l'espace immense.

Les bateaux et les sous-marins sont soumis à cette même loi, avec cette différence que la densité de l'eau étant plus élevée que celle de l'air, la résistance est encore plus grande et que, pour la vaincre, il faut une puissance motrice plus considérable.

Réduire cette résistance équivaut donc à assurer à un véhicule un rendement meilleur, c'est-à-dire une plus grande vitesse avec une même puissance. Pour parvenir à ce résultat, on s'est livré à de très intéressantes expériences qui ont permis de déterminer la forme la plus favorable à la pénétration. Les véhicules circulant à la surface du sol, comme les automobiles et les locomotives sont, de plus, soumis à d'autres résistances que celle de l'air. C'est notamment la résistance au roulement, produite par le frottement des roues sur la route ou sur le rail. Mais, à mesure que le véhicule va plus vite, la résistance au roulement tend à diminuer, tandis que la résistance de l'air s'accroît et devient prépondérante. M. Constantin a calculé que si 2 HP sont nécessaires pour animer une automobile à la vitesse de 36 kilomètres à l'heure, il lui en faudra 54 pour atteindre la vitesse de 108 kilomètres. C'est-à-dire que pour obtenir une vitesse *trois fois* plus grande, il faudra une puissance *vingt-sept fois* plus forte

Pour un train entier, dont les résistances



PROFIL SILHOUETTÉ DU CORPS D'UN OISEAU

La plupart des oiseaux animés d'une grande vitesse sont pourvus d'un corps profilé qui, généralement, est d'autant plus allongé que le vol de l'oiseau est plus rapide.

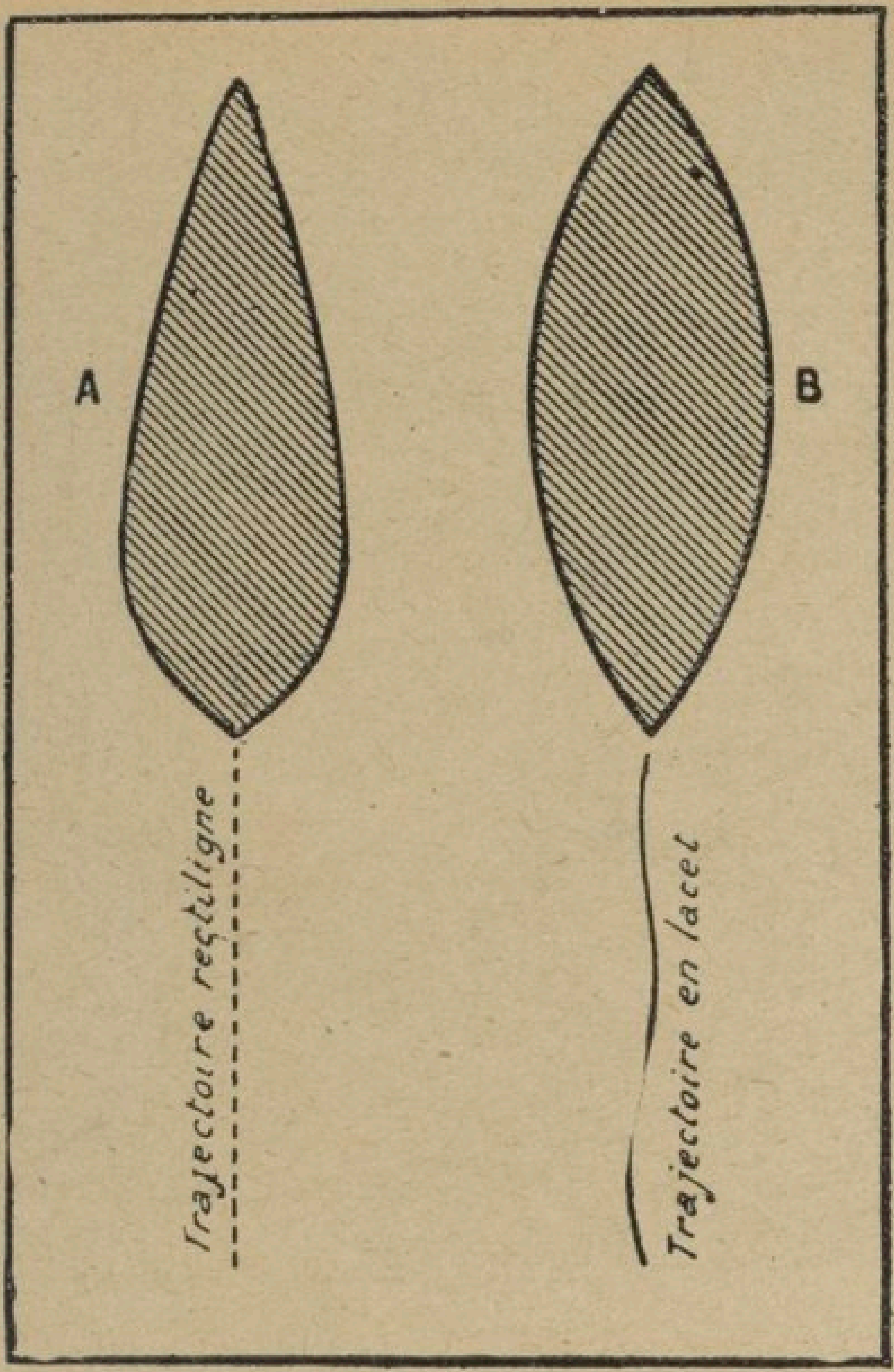
au roulement sont considérables, la résistance de l'air est encore de 45 à 50 % de la résistance totale.

La solution du problème de la vitesse doit donc s'obtenir par la réduction de la résistance de l'air et non par une augmentation de la puissance motrice.

Des expériences aérodynamiques ont démontré que la résistance de l'air ne s'exerçait pas seulement à l'avant d'un mobile, comme on serait tenté de le croire à première vue, mais aussi à l'arrière, par suite de la dépression créée par le mouvement. Quand un corps quelconque se déplace, il est obligé, pour se frayer un passage, d'écarter les filets d'air qui se trouvent devant lui. Ces filets d'air, écartés par l'avant du mobile, s'écoulent sur ses flancs et se réunissent après son passage en un tourbillon qui produit une sorte de succion. Restreindre la pression à l'avant, régulariser l'écoulement des filets d'air, supprimer les remous de l'arrière pour diminuer l'effet de succion équivaut à réduire la résistance et à faciliter la pénétration du corps dans l'espace. Le problème se résume donc à rechercher la forme la plus favorable à l'avancement, c'est-à-dire celle qui produit le moins de perturbation au sein du fluide.

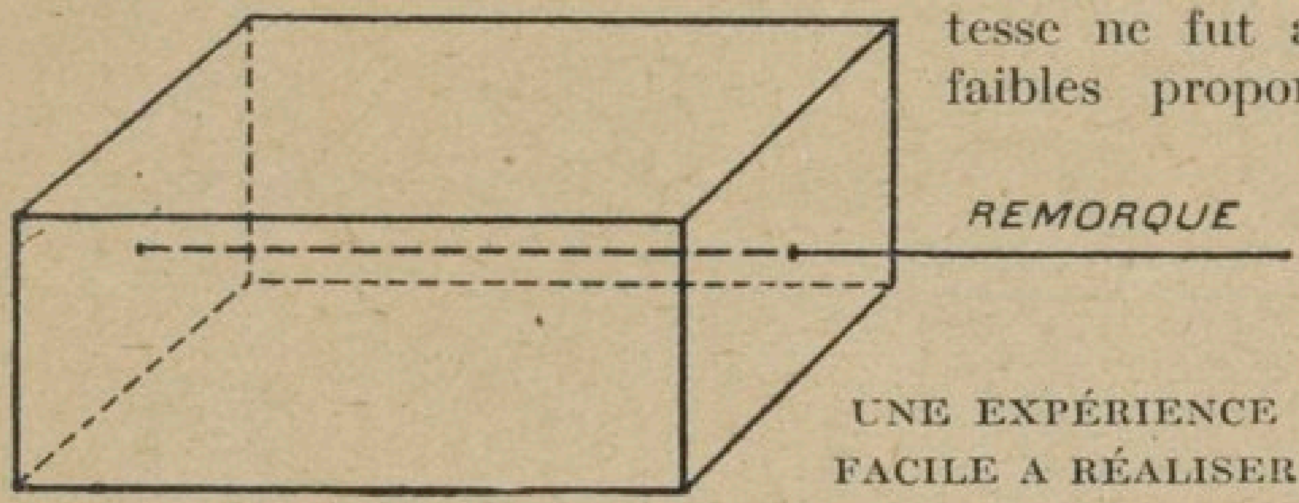
Les chercheurs qui se sont occupés de la question ne sont pas absolument d'accord, à vrai dire, sur l'importance respective de la pression à l'avant et de la dépression à l'arrière. Beaucoup sont d'avis que cette dernière est prépondérante, tandis que M. Constantin, dont nous aurons l'occasion de citer plus loin les remarquables travaux sur la matière, affirme, au contraire, que la pression de l'air sur l'avant du mobile est de beaucoup la plus importante.

Quoi qu'il en soit, il semble établi que la forme la plus favorable à la pénétration est celle d'une demi-sphère terminée par un corps conique. C'est celle qui a été adoptée pour les dirigeables les plus récents. Les premiers zeppelins étaient formés par un corps cylindrique terminé à l'avant et à l'arrière par une calotte conique. Cette forme était peu avantageuse; la puissance motrice des différents types construits a beau avoir été sans cesse augmentée, la vitesse ne fut accrue que dans de faibles proportions. Les zeppelins IV et V avaient une puissance de 300 HP environ, leur vitesse était de 45 à 50 kilomètres à l'heure. Le Zeppelin XIV était pourvu d'un groupe moteur de 1.000 HP, sa vitesse ne dépassait pas 60 à 65 kilomètres, bien que la puissance motrice ait été triplée. Au contraire, dès que la forme même du dirigeable a été améliorée, le 90 à l'heure fut atteint *avec la même puissance*, et celle-ci



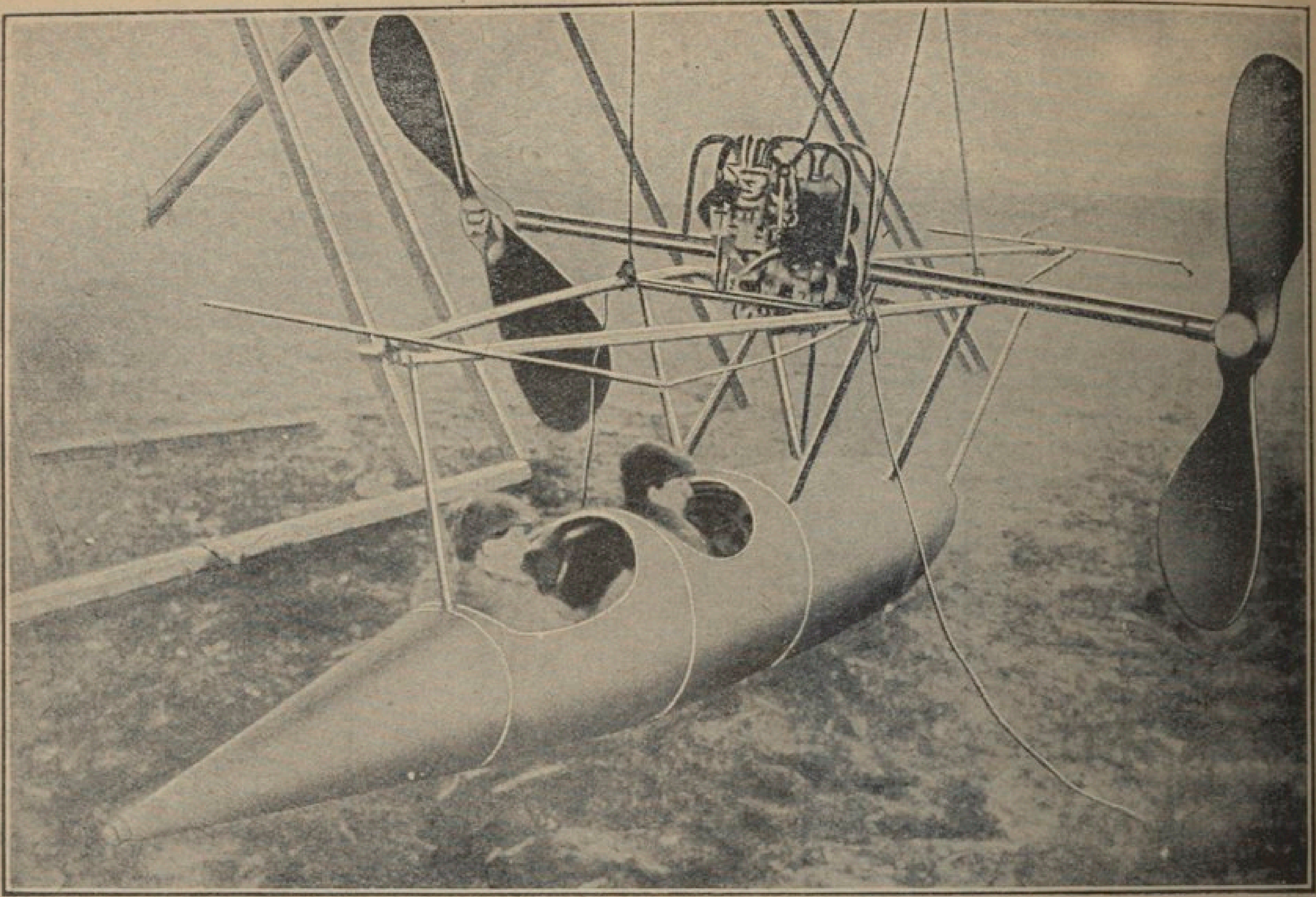
EXPÉRIENCE SUR LA CHUTE DES CARÈNES

Les morceaux de bois A *et* B *sont de même longueur, mais le diamètre maximum de* A *est situé au quart avant tandis que celui de* B *est au centre. Abandonné à lui-même d'une certaine hauteur,* A *tombe tout droit;* B *descend en lacet.*



UNE EXPÉRIENCE FACILE A RÉALISER

Prenez un bloc de savon parallélipipédique, traversez-le d'une ficelle qui vous permettra de le remorquer derrière un bateau. Au bout d'un certain temps, retirez de l'eau ce morceau de savon; il aura pris naturellement la forme sphéro-conique, qui paraît bien être celle de moindre résistance.

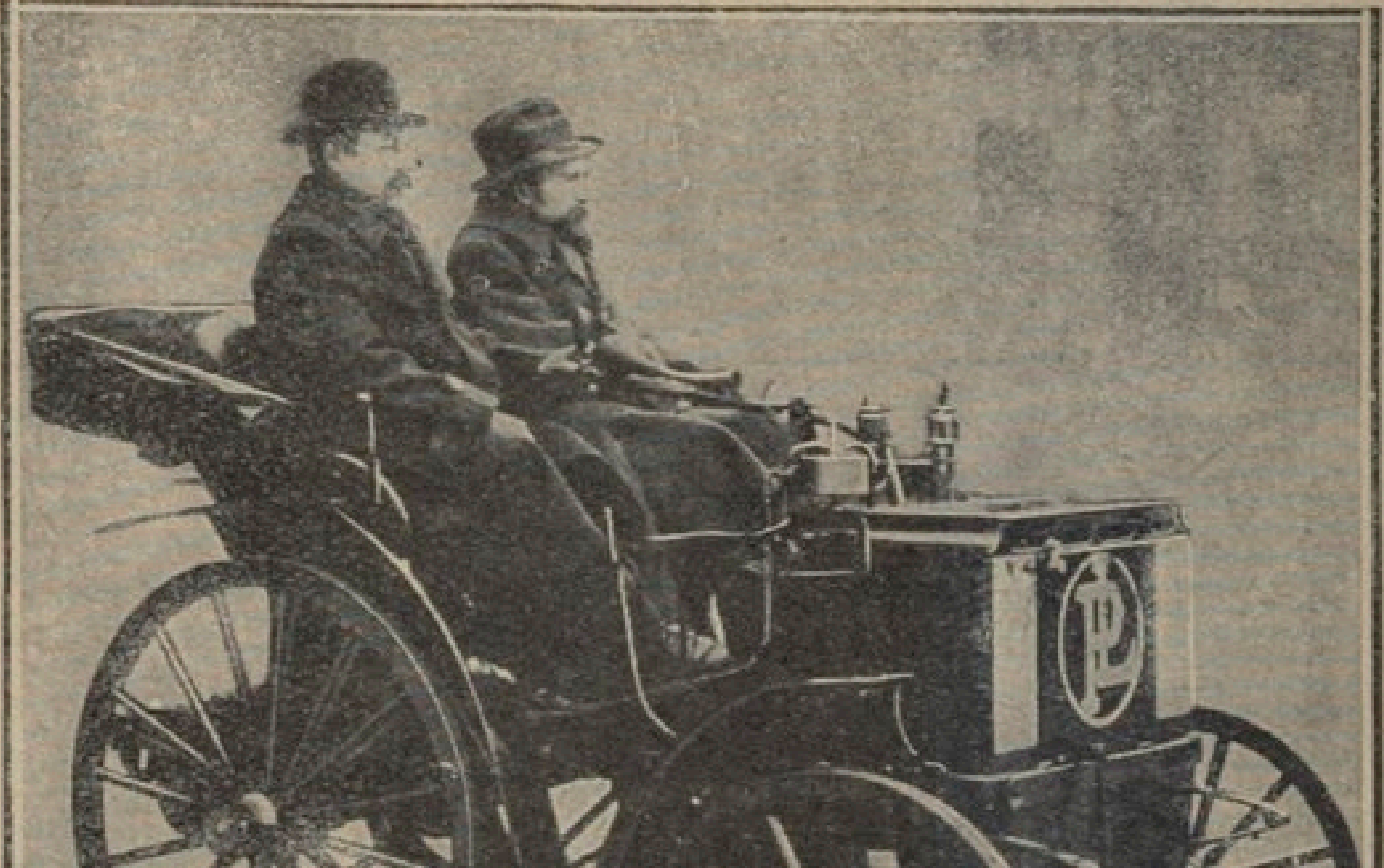


LA NACELLE EN FORME DE PROJECTILE D'UN DIRIGEABLE ANGLAIS TYPE WILLOWS

Cette nacelle est particulièrement remarquable par sa faible résistance à l'avancement.

ayant été portée à 1.400 HP, la vitesse approcha de très près le 100 à l'heure.

La question de la résistance de l'air est extrêmement importante pour les dirigeables, par suite de la masse déplacée. Une carène, longue de 200 mètres, haute de plus de 20 mètres, offre à l'air une surface considérable, et l'on s'est efforcé depuis longtemps de réduire au minimum l'effet de la résistance sur l'enveloppe. Les premiers dirigeables, comme celui de Dupuy de Lôme, étaient très résistants ; la carène seule présentait à l'avancement une résistance qui était les tiers de la résistance totale. Le colonel Renard, par une forme plus appropriée, réduisit ce chiffre dans de notables proportions, et l'enveloppe de son dirigeable *La France* était si bien étudiée que la *résistance totale* des différents organes du ballon était *sept fois* plus grande que celle de la carène. Pourtant cette partie est la plus volumineuse du dirigeable, mais par suite de sa

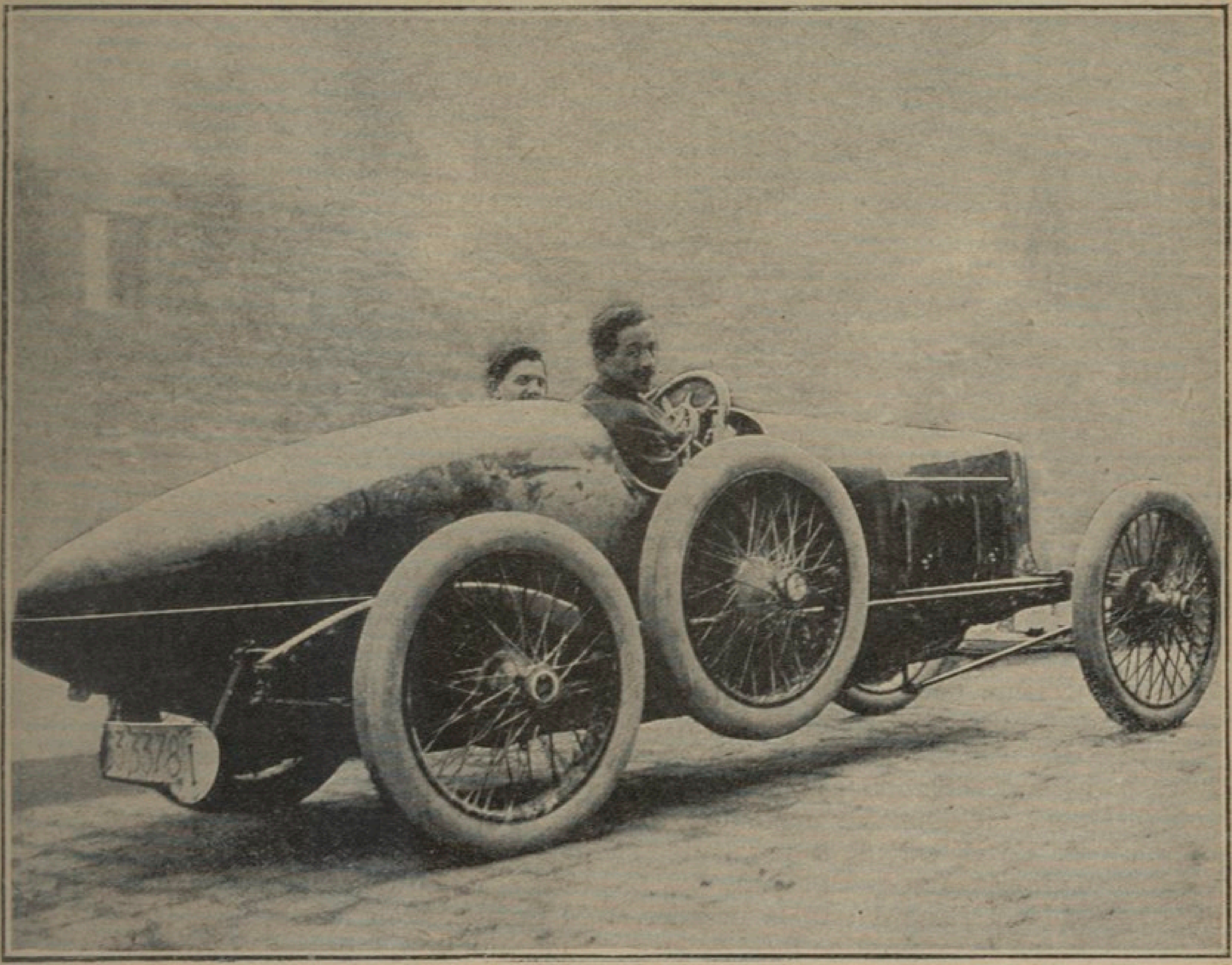


UNE VOITURETTE QUI FIT AUTREFOIS MERVEILLE

Pour sa construction, on semble s'être soucié aussi peu que possible des lois de la résistance de l'air.

excellent profil, elle réduit au minimum les remous, parfois considérables, créés par le déplacement de l'ensemble.

Pour le dirigeable souple, le problème de la vitesse se pose d'une façon un peu différente que pour les autres véhicules, par suite du manque de rigidité de l'enveloppe. Celle-ci ne peut être soumise à de très grandes vitesses sans se déformer et cette déformation gement est plus grand. Il y a toutefois une limite qu'il ne faut pas dépasser, car si l'on réduit la résistance à la pénétration en allongeant indéfiniment l'enveloppe, on augmente, par contre, la résistance au frottement, qui n'est nullement négligeable parce que la surface de la carène n'est jamais parfaitement lisse. De plus, la capacité de l'enveloppe diminue aussi et le poids du

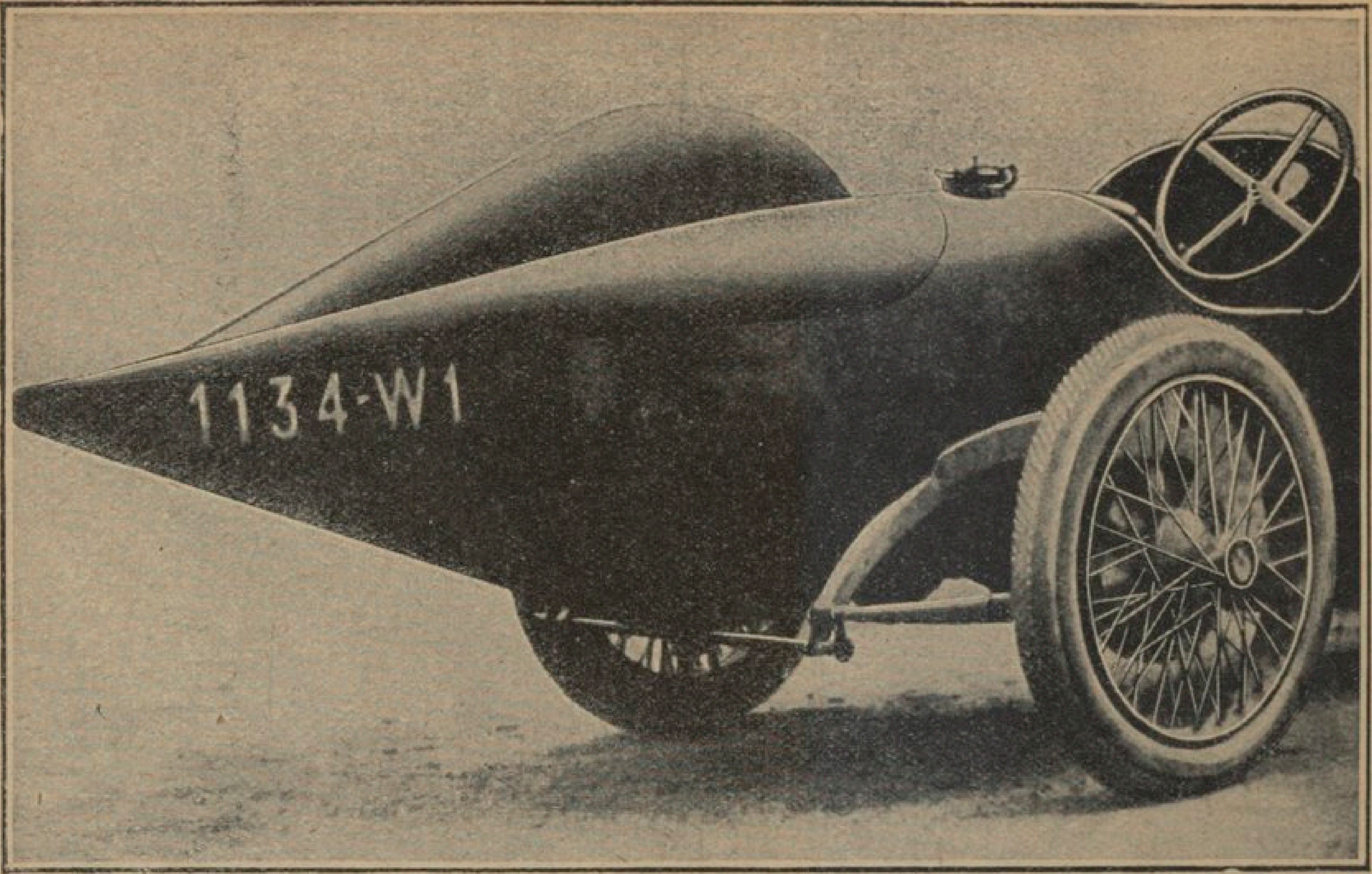


UNE AUTOMOBILE DE COURSE QUI ROULE A PRÈS DE 200 KILOMÈTRES A L'HEURE

Avec l'accroissement de vitesse, l'automobile s'est rapidement transformée. La voiture est de plus en plus allongée, la forme de la carrosserie et la disposition des organes principaux étant surtout étudiées dans le but de faciliter la pénétration.

amène fatalement la rupture d'équilibre du ballon. Aussi l'enveloppe du dirigeable doit-elle être étudiée, aussi bien au point de vue de la stabilité, qu'à celui de la résistance de l'air. Les deux problèmes, comme leur solution, ne sont d'ailleurs pas incompatibles, et les dirigeables de l'armée italienne, pour ne parler que de ceux-là, tout en étant parfaitement stables, sont très heureusement profilés en vue de l'obtention des grandes vitesses. Ces perfectionnements sont récents.

La résistance à l'avancement est d'autant plus faible pour un même volume que l'allon- tissu est hors de proportion avec le volume d'une carène exagérément allongée. Les premiers modèles de dirigeables présentaient un allongement dans le rapport de 1 à 2. Ainsi l'aéronat du général Meusnier, étudié en 1793, était long de 84 m. 50 pour un diamètre de 42 m. 25. C'était une proportion franchement mauvaise. Le premier ballon du comte Zeppelin, construit en 1898, avait 128 mètres de long et son diamètre n'était que de 11 m. 66, soit un coefficient d'allongement de 11. C'était très exagéré ; aussi les types actuels, ceux que nos ennemis em-



LA POUPE EFFILÉE FACILITE L'ÉCOULEMENT DES FILETS D'AIR

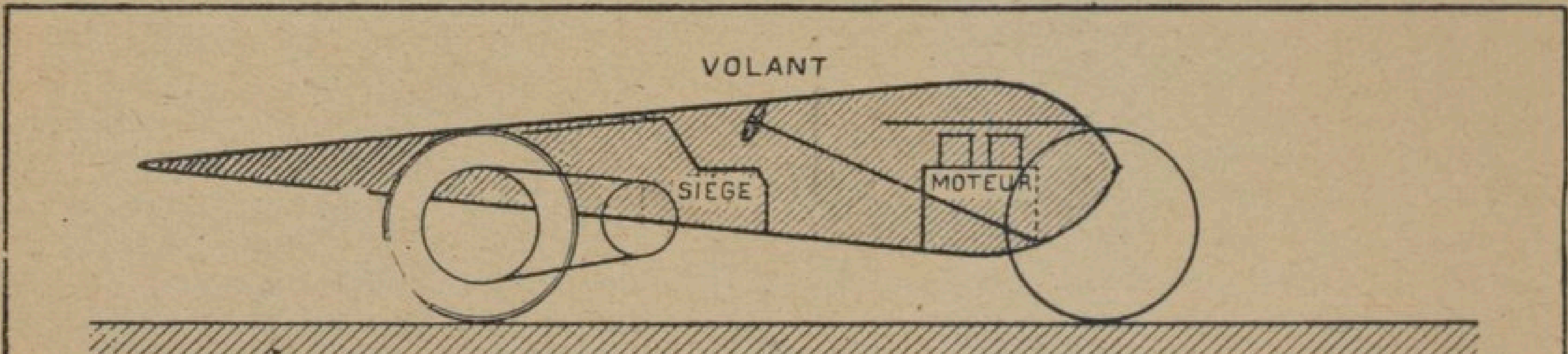
La résistance de l'air n'agit pas seulement sur l'avant d'un véhicule, mais aussi sur l'arrière. Les filets d'air, après avoir frappé la proue de la voiture, glissent sur ses flancs et viennent se rejoindre à l'arrière en formant un tourbillon qui produit une sorte de succion. On réduit les effets de cette succion en effilant l'arrière de la carrosserie.

ploient pour leurs bombardements, ont-ils été ramenés à la proportion de 8 ou 9.

Pour les dirigeables, l'allongement le plus favorable à la pénétration semble être de 5 ou 6. Quant au diamètre maximum, ou maître-couple de la carène, il paraît bien préférable de le situer au quart avant.

C'est le colonel Renard qui, le premier, détermina la meilleure position du diamètre maximum sur une carène de dirigeable. Il se servit de morceaux de bois fuselés d'une longueur uniforme, mais dont le plus grand diamètre occupait différentes positions. Il les fit tomber dans l'eau d'une certaine hauteur, afin de comparer la régularité de chute des différents modèles. Celui qui descendit sans aucun mouvement de lacet fut jugé le meilleur : son diamètre maximum était situé au quart de la longueur à partir de l'avant. (Voir le schéma à la page 441.)

M. Moulton, lui, releva la forme prise par un cylindre de glace qu'il promena dans l'eau et celle d'un cylindre de cire qu'il exposa à un courant d'air chaud. M. Bazin se servit

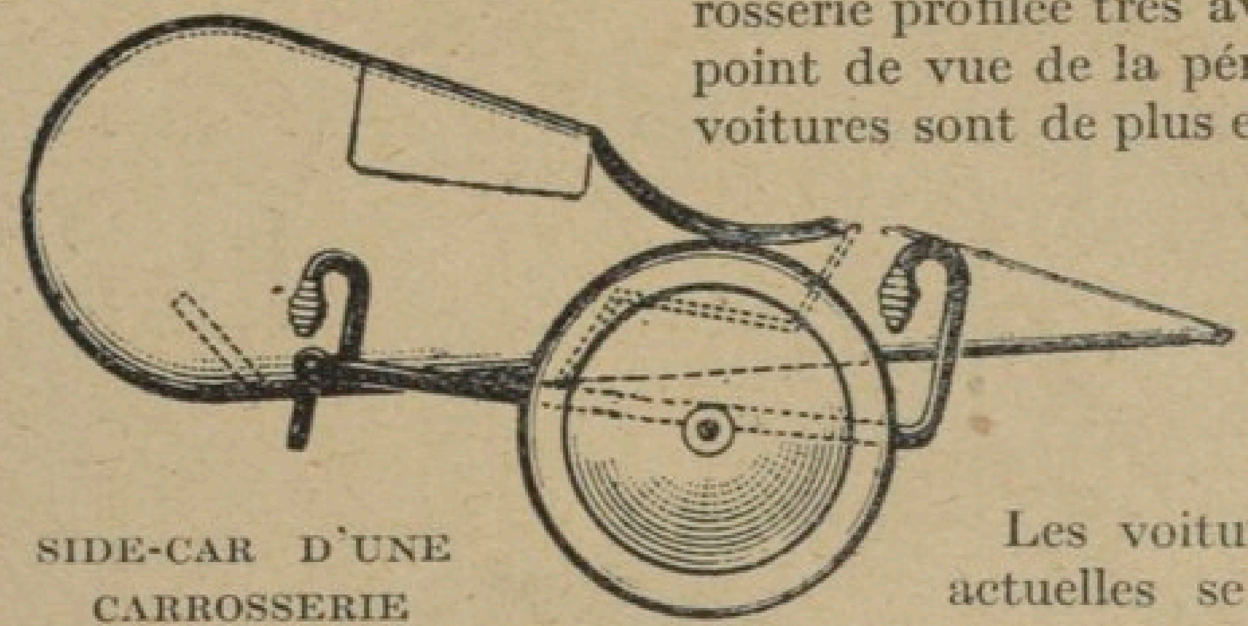


COUPE DE LA VOITURE-PROJECTILE PRÉCONISÉE EN 1909 PAR M. ERNOULT

Cette voiture est excellente au point de vue de la pénétration : malheureusement, sa capacité au transport est si réduite qu'il ne semble pas pratique d'en généraliser l'emploi.

d'un pain de savon parallélipipédique qu'il traversa d'une ficelle longue de quelques mètres et qu'il remorqua derrière un bateau. Au bout d'un certain temps, le morceau de savon avait pris la forme des blocs de glace et de cire de M. Moulton, c'est-à-dire celle d'un *cône précédé d'une demi-sphère*. En faisant tomber d'une certaine hauteur quelques gouttes d'eau, on constatera que ces gouttes prennent visiblement la même forme, d'autant plus allongée que la hauteur de la chute est plus grande.

En ce qui concerne les dirigeables, nous avons vu que des possibilités théoriques, on était passé, et avec succès, aux réalités tangibles. Mais il ne faut pas oublier que la résistance offerte par la carène n'est que la septième partie de la résistance totale. Celle-ci s'exerce sur les nacelles, les gouvernails d'altitude et de direction, les câbles et les suspentes, etc... On pourrait la réduire en rendant généralement plus compact tout cet ensemble et particulièrement en concevant un dirigeable dont la nacelle ferait corps avec la carène. Mais on se heurterait à de grosses difficultés dont l'examen détaillé sortirait du cadre de cet article. Peut-être aurons-nous l'occasion de traiter cette question plus tard.

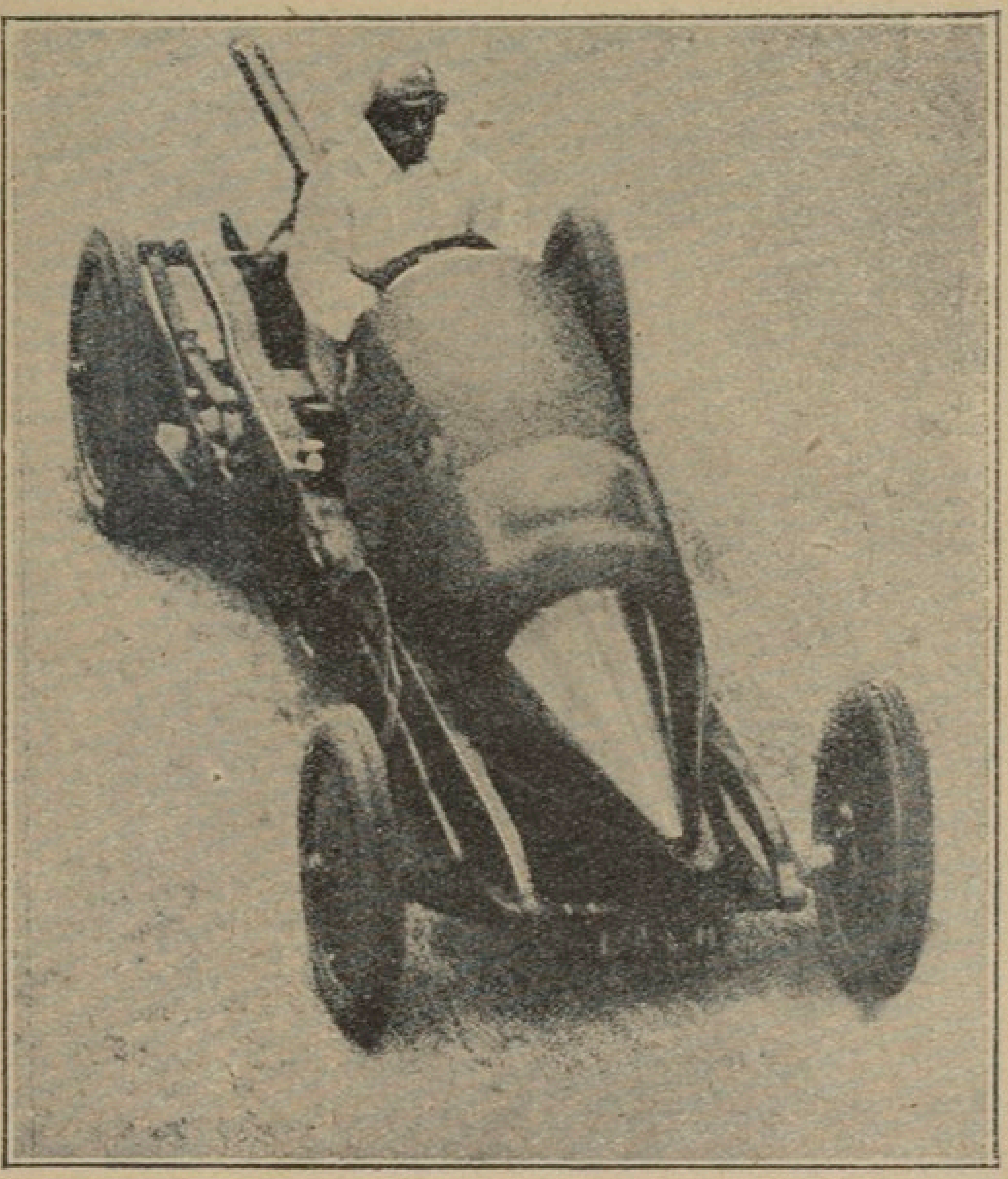


SIDE-CAR D'UNE CARROSSERIE COMPLÈTEMENT SPHÉRO-CONIQUE

Un motocycliste anglais, pour réduire la résistance à l'avancement de son side-car, l'a pourvu d'une carrosserie profilée qui lui permet d'accroître sensiblement la vitesse de sa machine.

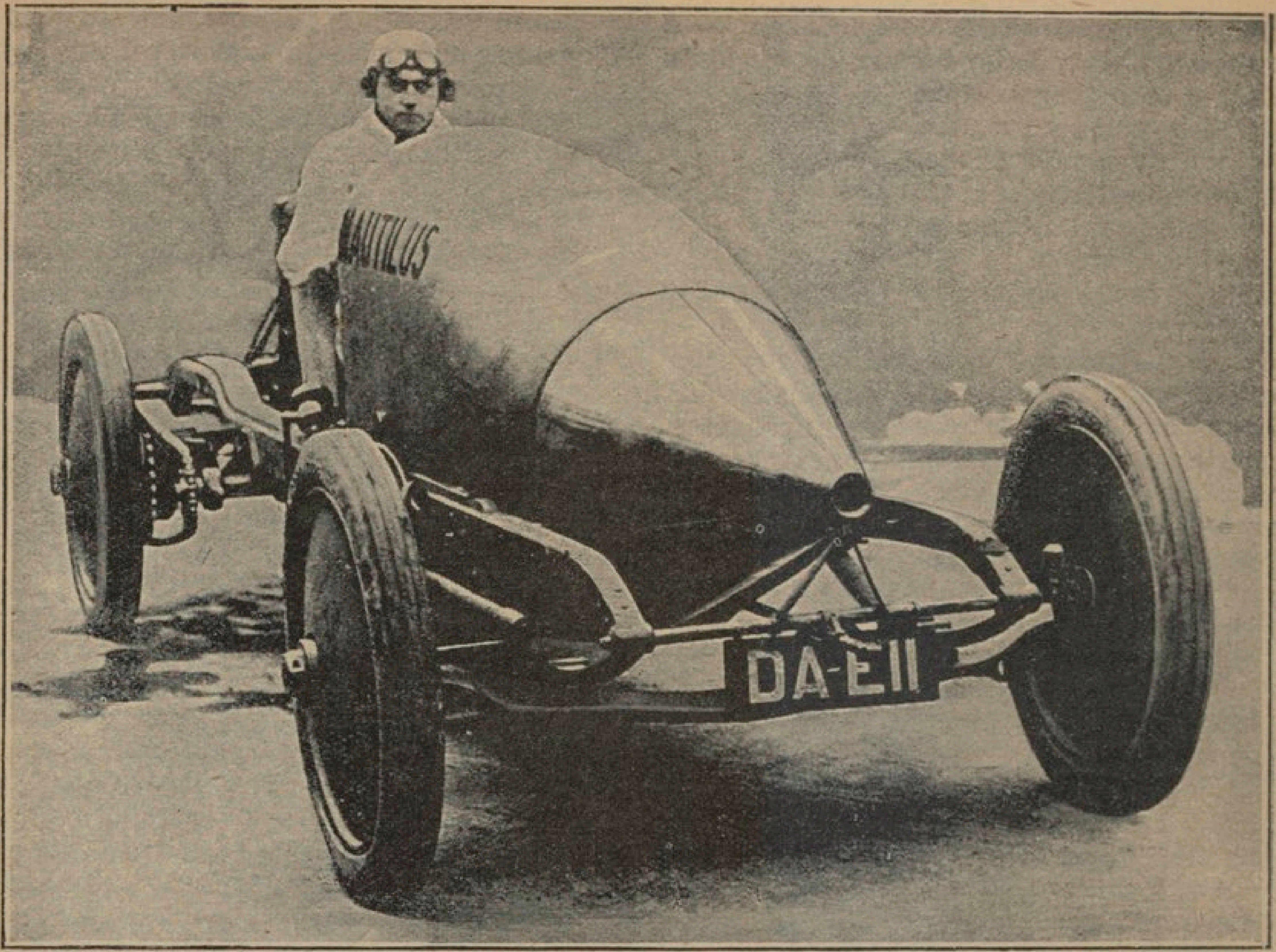
Quant aux automobiles, on a une tendance très marquée à les pourvoir d'une carrosserie profilée très avantageuse au point de vue de la pénétration. Les voitures sont de plus en plus ramassées et la forme *torpédo* est celle qui réunit la majorité des suffrages.

Les voitures de course actuelles se rapprochent presque toutes de la forme sphéro-conique. L'arrière finit en pointe, afin de faciliter l'écoulement des filets d'air; les roues sont en tôle emboutie; les passagers disparaissent presque entièrement à l'intérieur, etc... ceci dans le but de réduire d'autant la résistance à l'avancement. La plupart des voiturettes rapides sont, aujourd'hui pourvues de ces perfectionnements inaugurés sur les voitures de course, parce que de leur adoption résulte une économie de puissance et, par conséquent, un accroissement de vitesse très avantageux. Il est donc probable que plus on ira, plus on se rapprochera dans les épreuves sportives du modèle de voiture-projectile que préconisa M. Ernoult, il y a sept ou huit ans. Malheureusement, cette forme très allongée présente de gros inconvénients, dès que l'on tente de la généraliser en passant de la catégorie des



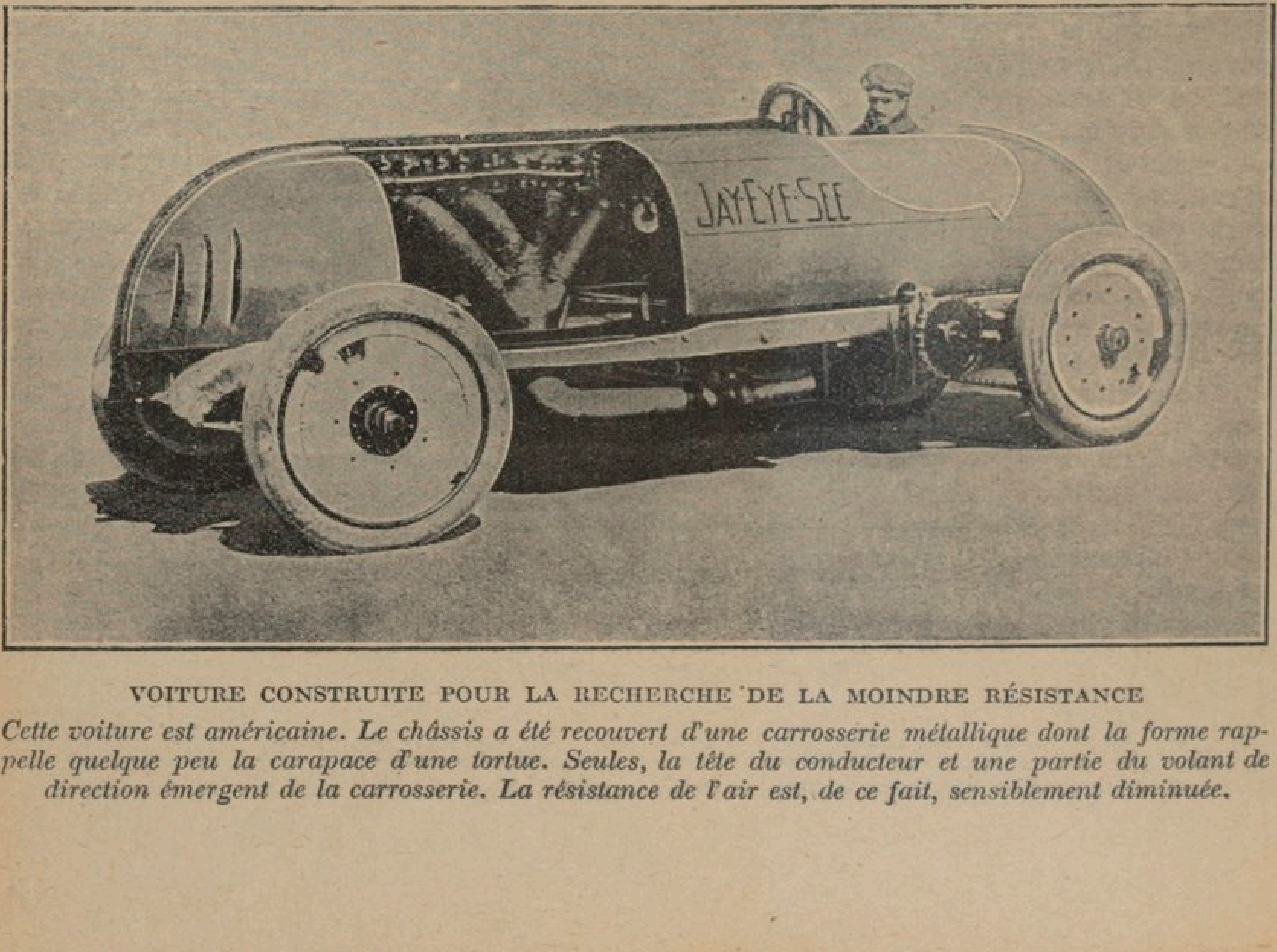
VOITURE DONT LA CARROSSERIE EST EN FORME D'OBUS

Tous les constructeurs ne sont cependant pas d'accord sur la forme de moindre résistance. Témoin cette voiture anglaise dont l'avant est pointu comme la tête d'un obus.



LA VOITURE SUNBEAM QUI, EN 1913, BATTIT LES RECORDS DE VITESSE

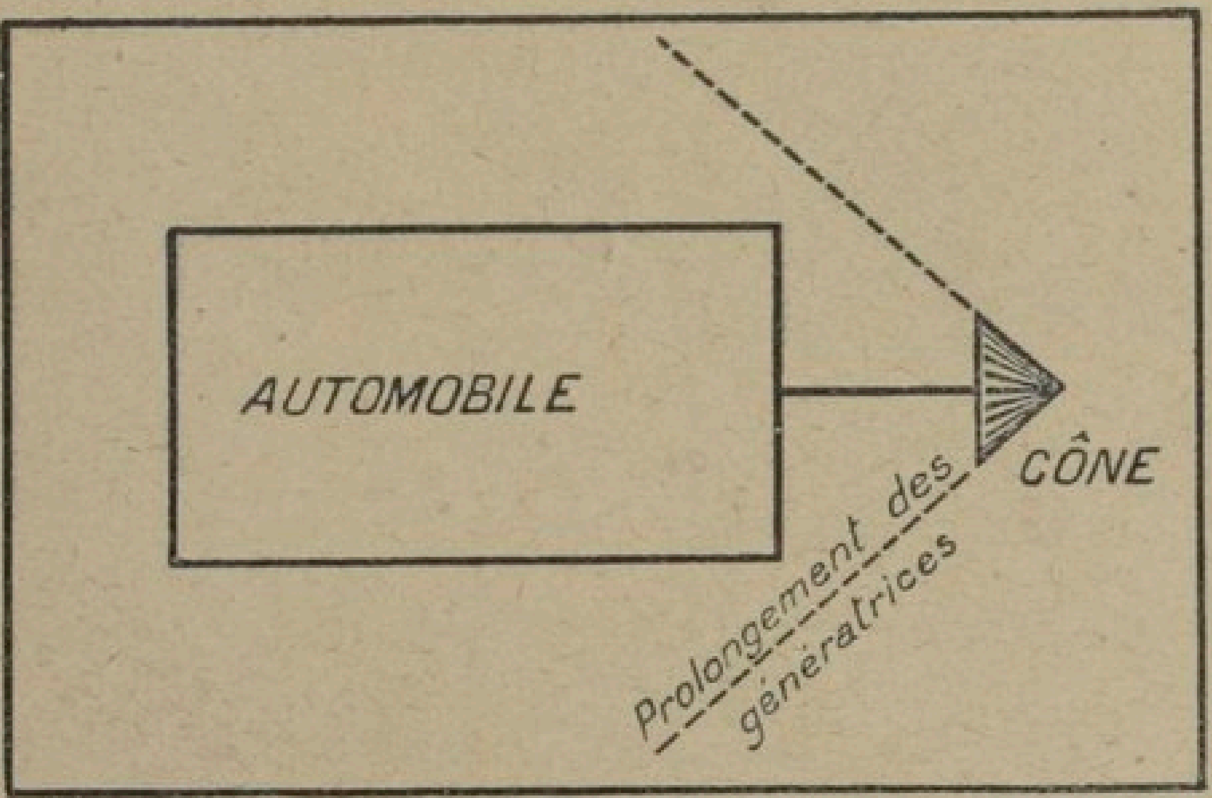
Cette voiture, au cours d'une tentative de record faite en Angleterre, a roulé 1.735 kilomètres en douze heures consécutives. Le moteur est complètement dissimulé à l'intérieur d'un capot de forme approximativement cylindrique, précédé d'un coupe-vent conique.



VOITURE CONSTRUITE POUR LA RECHERCHE DE LA MOINDRE RÉSISTANCE

Cette voiture est américaine. Le châssis a été recouvert d'une carrosserie métallique dont la forme rappelle quelque peu la carapace d'une tortue. Seules, la tête du conducteur et une partie du volant de direction émergent de la carrosserie. La résistance de l'air est, de ce fait, sensiblement diminuée.

voitures de course à celle des automobiles pratiques. La capacité de transport d'une telle voiture est singulièrement réduite et, pour loger trois ou quatre passagers et leurs bagages, on est obligé de donner à la voiture des dimensions excessivement élevées. Il s'ensuit des difficultés de construction indéniables et une augmentation considérable du prix de revient.

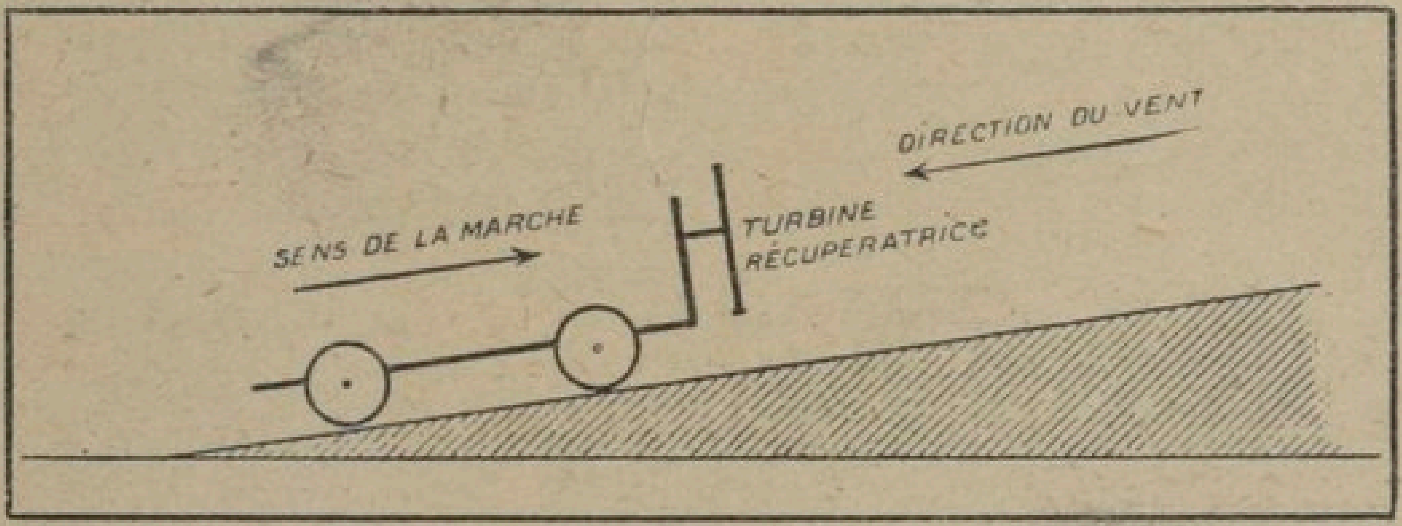


LE CONE DE PÉNÉTRATION DE M. CONSTANTIN

A l'avant d'une voiture automobile a été disposé un cône de zinc, établi de façon que ses génératrices prolongées ne touchent pas le véhicule. La vitesse de l'automobile munie de ce dispositif a été accrue de 8,5 0/0, ce qui correspond à un gain de puissance de 20 0/0 environ.

Un ingénieur, dont les travaux aérodynamiques sont très appréciés, M. Constantin, s'est efforcé d'obtenir des résultats satisfaisants par une voie différente, et ses recherches, bien que remontant à l'avant-guerre, n'en sont pas moins remarquables et dignes d'être beaucoup mieux connues.

En plaçant à l'avant d'une voiture automobile une petite proue métallique en forme de cône, M. Constantin a réalisé une économie de puissance très appréciable. Cette proue fut disposée devant le capot d'une voiture de 7 HP, pesant 900 kilos en ordre de marche. Le cône était établi de telle façon que ses génératrices prolongées ne touchaient pas l'avant du véhicule. La voiture, non pourvue de la proue, roulait en palier à la vitesse de 40 kilomètres à l'heure ; munie du cône, elle atteignit, dans les mêmes conditions, une vitesse supérieure dont le gain peut être estimé à 8,5 %, ce qui correspond au moins à 20 % d'économie de puissance. Si l'avant du véhicule, au lieu d'être plan est lui-même conique, on améliore encore très sérieusement le rendement en remplaçant le cône de métal par un simple disque de zinc.



COUPE SCHÉMATIQUE D'UN CHARIOT DONT LA FORCE MOTRICE EST FOURNIE PAR LA RÉSISTANCE DE L'AIR

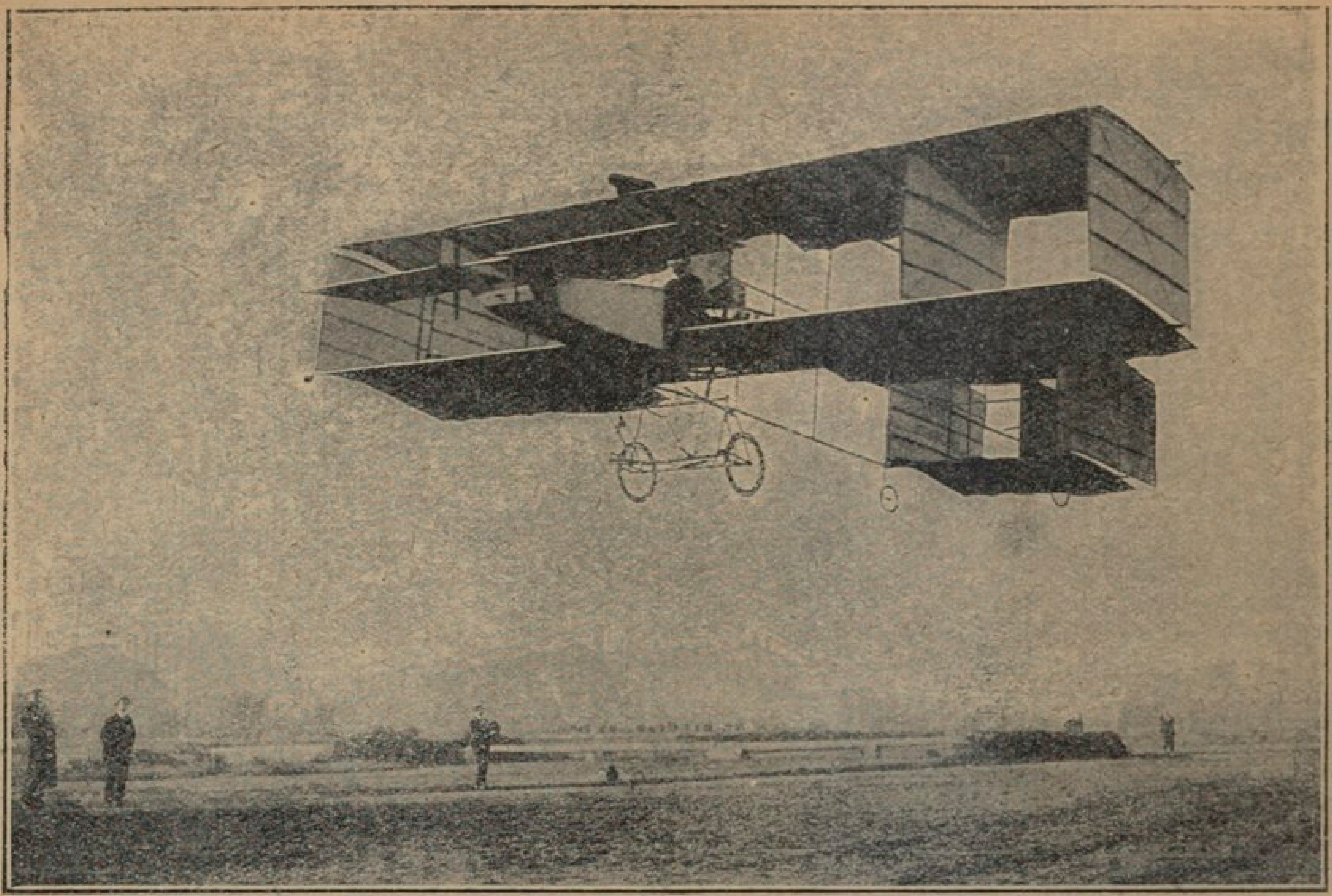
Ce chariot, établi pour les expériences de M. Constantin, est entièrement en aluminium. Exposé à un vent debout très violent, il avance contre ce vent, montant même une rampe de 15 0/0. Bien qu'il ne pèse que 1.200 grammes, il démarre avec une surcharge de 10 kilos.

L'explication du phénomène, telle que la présente M. Constantin, paraît plausible. La petite proue écarte latéralement les filets d'air qu'elle rencontre et elle leur donne une vitesse latérale suffisante pour qu'ils écartent, à leur tour, de la route suivie par la voiture ceux que cette dernière aurait rencontrés en chemin.

M. Constantin ne s'est pas arrêté à ce résultat. Il a cherché à réduire la résistance de l'air par l'air lui-même et ses essais ont abouti à la construction d'un petit véhicule à turbine dont la marche est très curieuse. C'est un chariot d'aluminium, pesant 1.200 grammes, pourvu d'une turbine à seize pales. Celles-ci, découpées dans un disque de fer-blanc, sont légèrement inclinées vers l'avant. L'axe de la turbine est relié à l'essieu des roues motrices par un ensemble d'engrenages assez grossièrement établis. En faisant tourner la turbine de gauche à droite, c'est-à-dire dans le sens des aiguilles d'une montre, on met en mouvement les roues motrices.

Il semble que si l'on vient à placer ce chariot face au vent, celui-ci le repoussera en arrière. Or, c'est tout le contraire qui se produit. Le chariot, sous la seule influence d'un vent debout assez violent, *avance contre ce vent,* montant même des rampes qui atteignent 15 %. Quoique lui-même très léger, il démarre avec un poids supplémentaire de 10 kilos. (Voir la figure ci-dessus.)

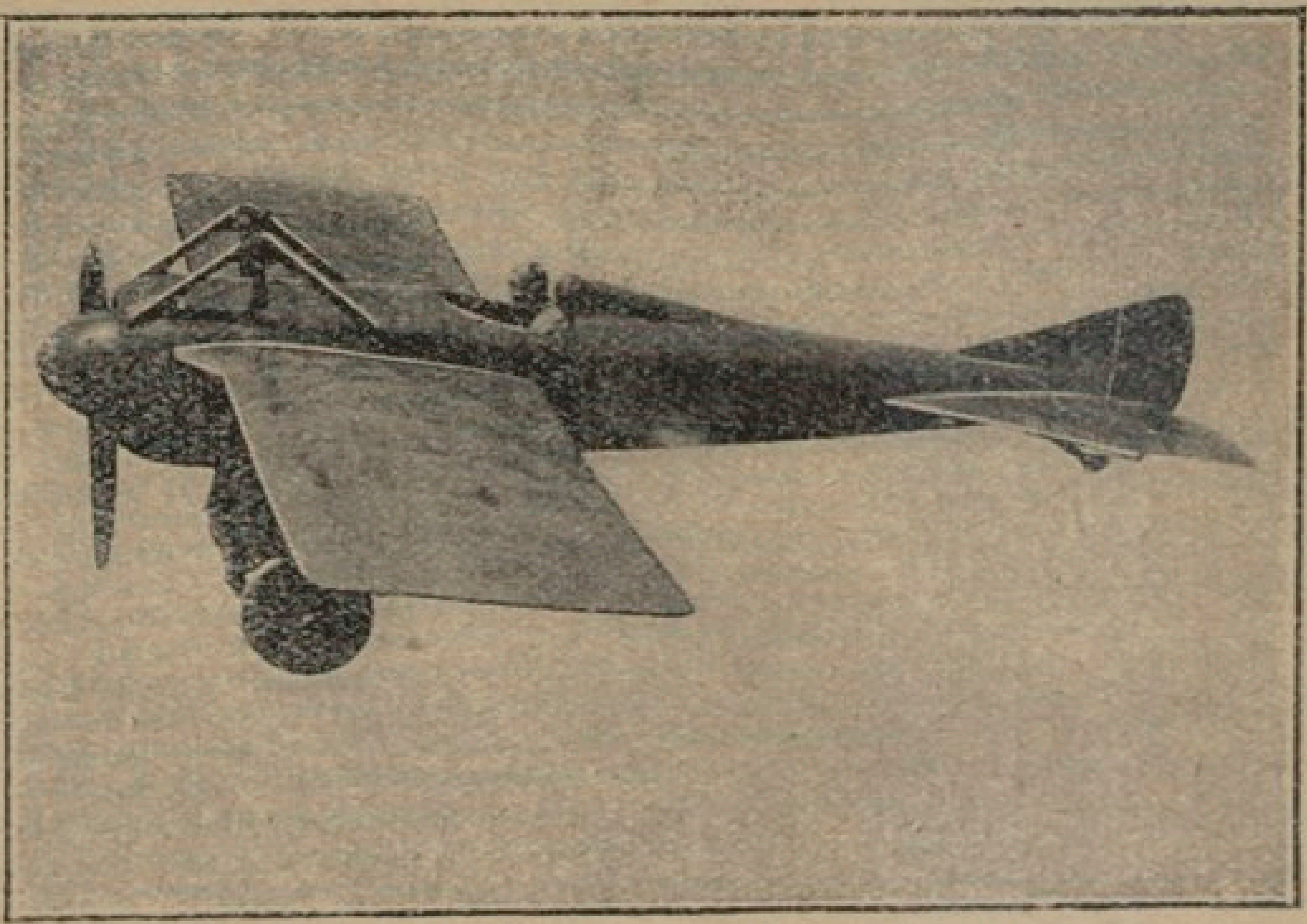
En ce qui concerne les aéroplanes, la dimi-



L'AVION QUI, EN 1908, BATTIT EN FRANCE LE RECORD DE DISTANCE

Comparé avec les appareils actuels, cet avion apparaît lourd et résistant. Avec ses ailes courtes, son empennage volumineux et son équilibreur à l'avant, il ne pouvait aller bien vite. Le jour où il établit le record de distance, il vola 24 kil. 727 en 29 minutes 33 secondes, soit à la vitesse de 50 kil. à l'heure.

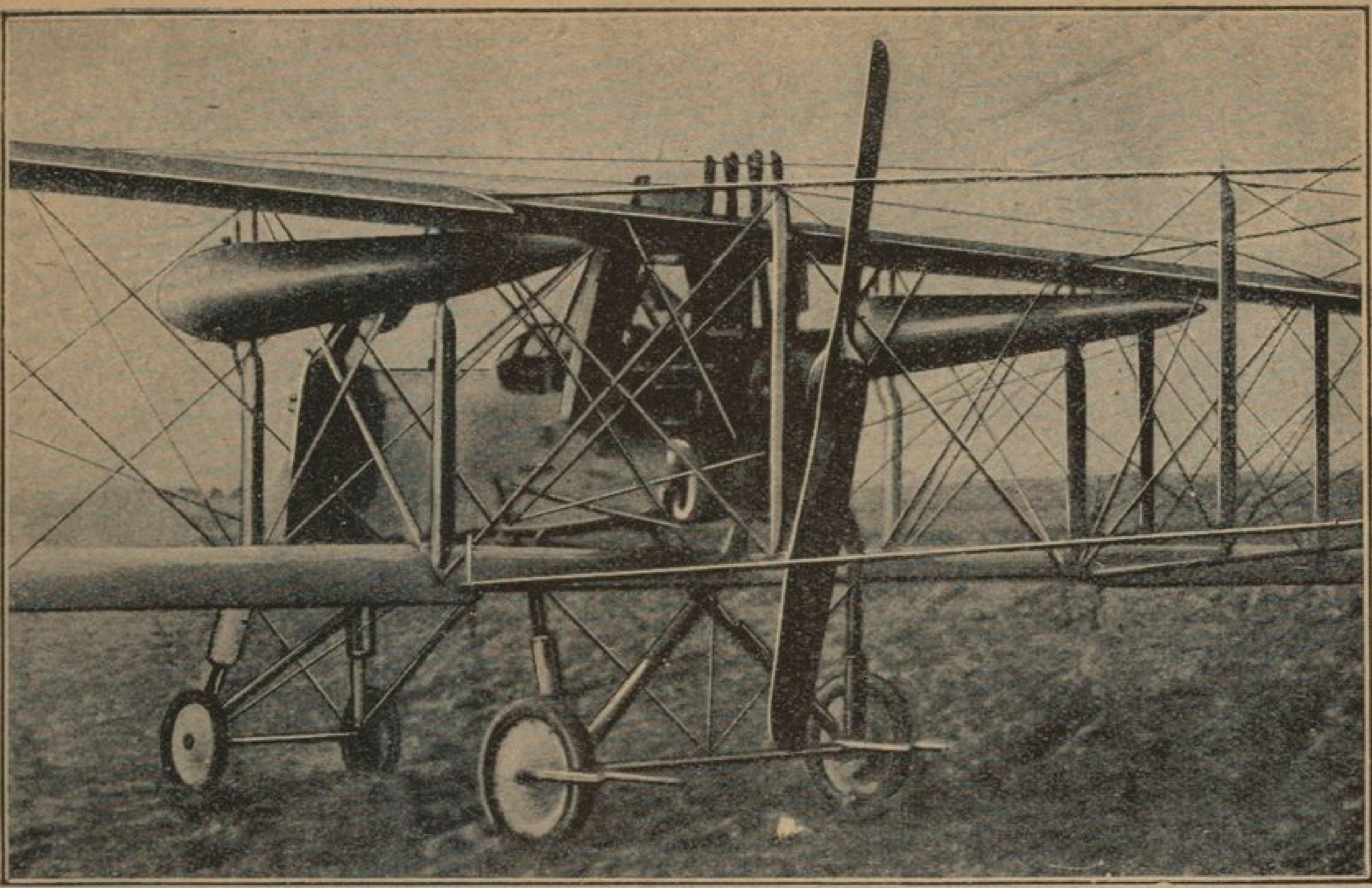
nution de la résistance de l'air est une question de première importance. Quand un avion vole à plus de 200 à l'heure, l'air exerce sur ses différents organes une pression considérable. Les ailes ne sont pas seules soumises à cette pression, mais encore le fuselage, le châssis d'atterrissage, le groupe moto-propulseur, les gouvernails, etc... Les premiers avions, avec un moteur de 50 chevaux, volaient péniblement à 60 ou 70 à l'heure. Aujourd'hui, avec 150 chevaux (Nieuport-Gnôme), on atteint le 220. A première vue, l'amélioration ne paraît pas énorme, si l'on se rappelle qu'en 1911, un monoplan Morane, pourvu d'un moteur de 50 chevaux, fit du 103 à l'heure. Mais, en réalité, le résultat actuel est fort beau. La vitesse, en effet, est plus que *doublée* par un moteur seulement *trois* fois plus fort ; la charge enlevée est beaucoup plus grande ; la vitesse est constante et n'est pas seulement obtenue au cours d'une épreuve de réception, effectuée souvent au ras du sol.



L'AVION MONOCOQUE DEPERDUSSIN

A la coupe Gordon-Bennett de 1913, cet appareil parcourut 200 kilomètres en 59 minutes 45 secondes.

Puisque la résistance de l'air croît comme le carré de



LES RÉSERVOIRS PROFILÉS D'UN GRAND AVION DE BOMBARDEMENT

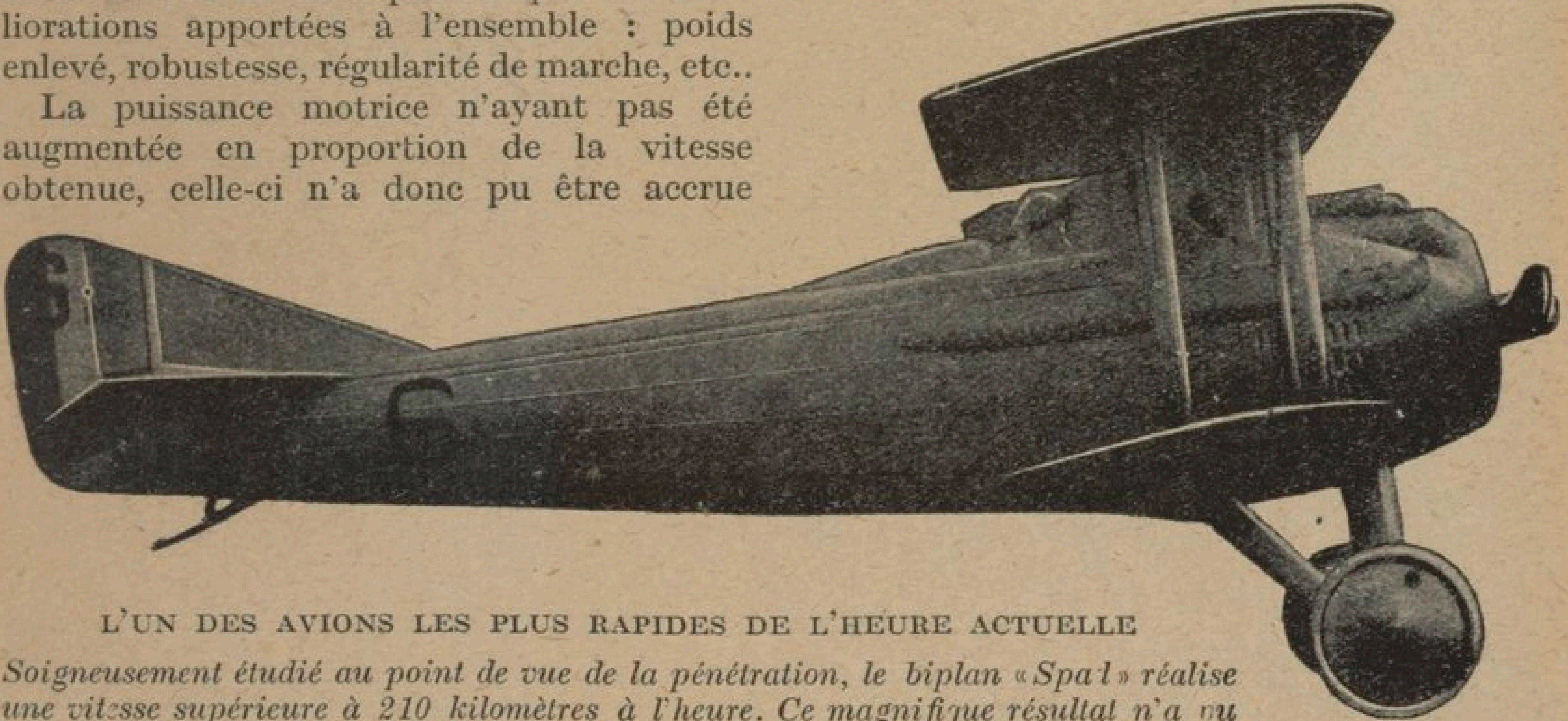
La forme particulière donnée à ces réservoirs permet à l'appareil de voler beaucoup plus vite.

la vitesse, la comparaison entre l'appareil de 1911 — 103 kilomètres avec 50 HP — et celui de 1917 — 220 avec 150 HP — est donc tout à l'avantage de ce dernier, même si l'on ne tient pas compte des améliorations apportées à l'ensemble : poids enlevé, robustesse, régularité de marche, etc..

La puissance motrice n'ayant pas été augmentée en proportion de la vitesse obtenue, celle-ci n'a donc pu être accrue que par une meilleure conception de la forme au point de vue de la pénétration.

D'une façon générale, la forme sphéro-conique apparaît comme étant la plus favorable à la pénétration. On améliorera donc les qualités de rapidité des dirigeables, des aéroplanes, des automobiles, en tenant compte des différentes expériences que nous venons de rappeler et en donnant aux carènes, aux fuselages, aux carrosseries cette forme de moindre résistance dont on trouve dans la nature les exemples les plus saisissants. Il s'agit tout simplement de s'en inspirer.

GEORGES HOUARD.



L'UN DES AVIONS LES PLUS RAPIDES DE L'HEURE ACTUELLE

Soigneusement étudié au point de vue de la pénétration, le biplan « Spad » réalise une vitesse supérieure à 210 kilomètres à l'heure. Ce magnifique résultat n'a pu être obtenu qu'en réduisant les effets de la résistance de l'air sur les différents organes de l'avion.

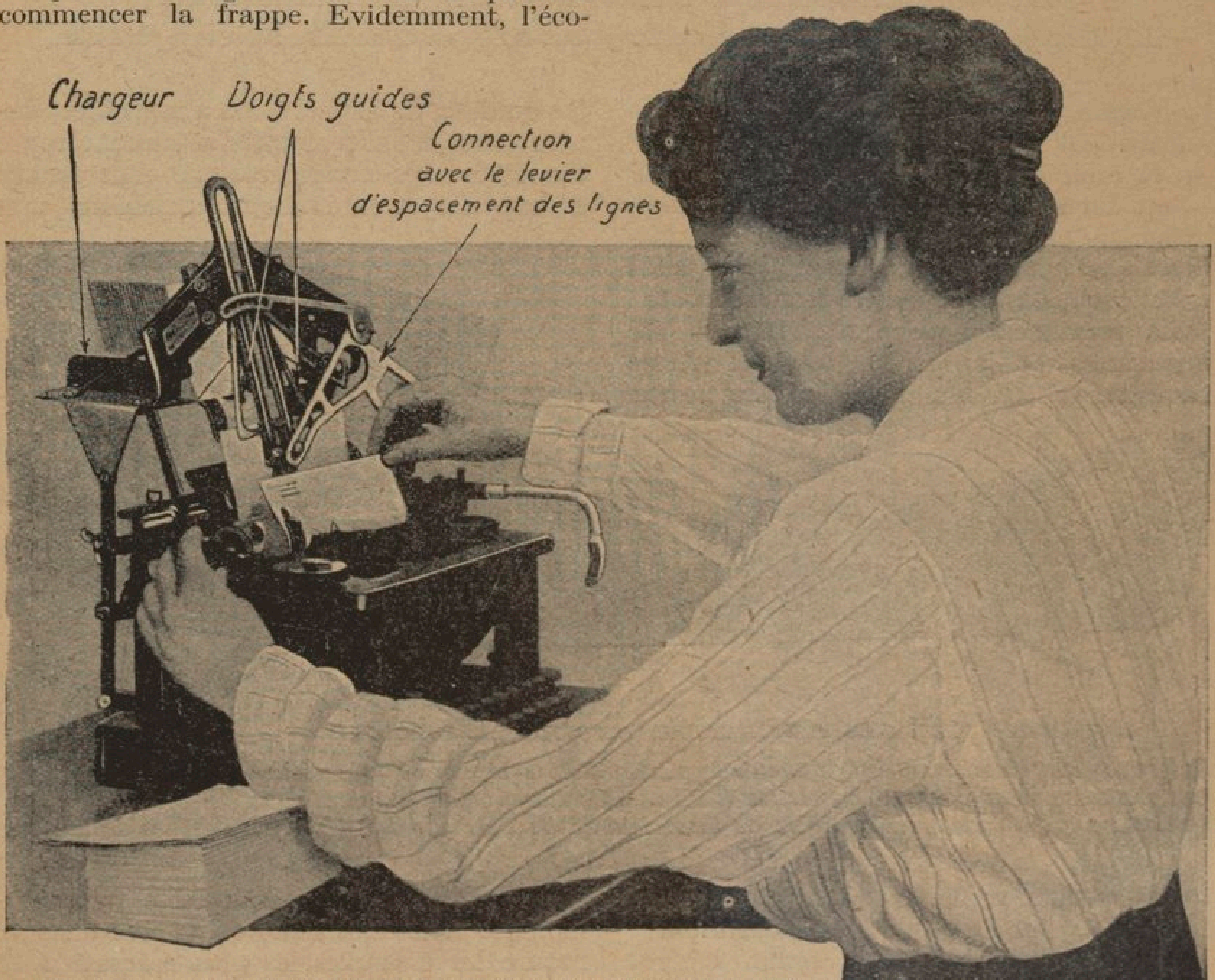
POUR « TAPER » RAPIDEMENT DES ADRESSES

Il a été inventé récemment un intéressant petit appareil dont le rôle consiste à approvisionner automatiquement d'enveloppes les machines à écrire. Il se compose d'une sorte de chargeur ou magasin pouvant contenir environ 150 enveloppes du format commercial et d'un mécanisme, actionné par le levier d'espacement des lignes de la machine à écrire, qui conduit chaque enveloppe du magasin au rouleau de frappe en la présentant sous ce dernier d'une manière parfaitement d'aplomb, dispensant, par conséquent, de tout réglage manuel de l'alignement. Les enveloppes se succèdent sans arrêt, guidées et maintenues par des doigts mécaniques et l'opérateur n'a absolument rien d'autre à faire que de « taper » ses adresses jusqu'à épuisement du magasin.

L'appareil, est-il besoin de le dire, a pour objet d'économiser du temps. Lorsque le dactylographe a terminé son courrier, il peut, grâce à l'instrument, libeller les adresses de toutes ses enveloppes dans un temps beaucoup plus court que s'il lui fallait prendre ces dernières une par une et en régler chaque fois l'alignement avant de pouvoir commencer la frappe. Evidemment, l'économie de temps est proportionnellement plus grande s'il y a beaucoup d'adresses à faire, et, là où l'appareil prouve véritablement son utilité, c'est lorsqu'une maison de commerce fait une expédition de catalogues ou de circulaires pour lesquels il n'est besoin que de rédiger les adresses sur les plis d'envoi.

Quand l'opérateur n'a plus à utiliser l'instrument, il le renverse en arrière, après avoir desserré à la main deux boutons molletés, dégageant ainsi le dessus de la machine. Le système de fixation de l'instrument sur cette dernière consiste d'ailleurs uniquement en colliers de serrage et, quel que soit le type de la machine que l'on veut munir du chargeur automatique, il n'est jamais besoin — ce qui est particulièrement précieux — d'en modifier la construction en quoi que ce soit.

Cet ingénieux appareil est utilisé actuellement dans la plupart des administrations publiques et privées des Etats-Unis, où il a été inventé; les gros commerçants qui ont chaque jour un volumineux courrier à expédier l'ont également adopté, et il fonctionne, paraît-il, à la satisfaction de tous.



LE TRAVAIL EST ACCÉLÉRÉ PAR LE FAIT QUE LES ENVELOPPES SE PLACENT D'ELLES-MÊMES DANS LA POSITION VOULUE

COMMENT LES VOYAGEURS SONT CHAUFFÉS EN CHEMIN DE FER

Par Pierre MONGILLAUD

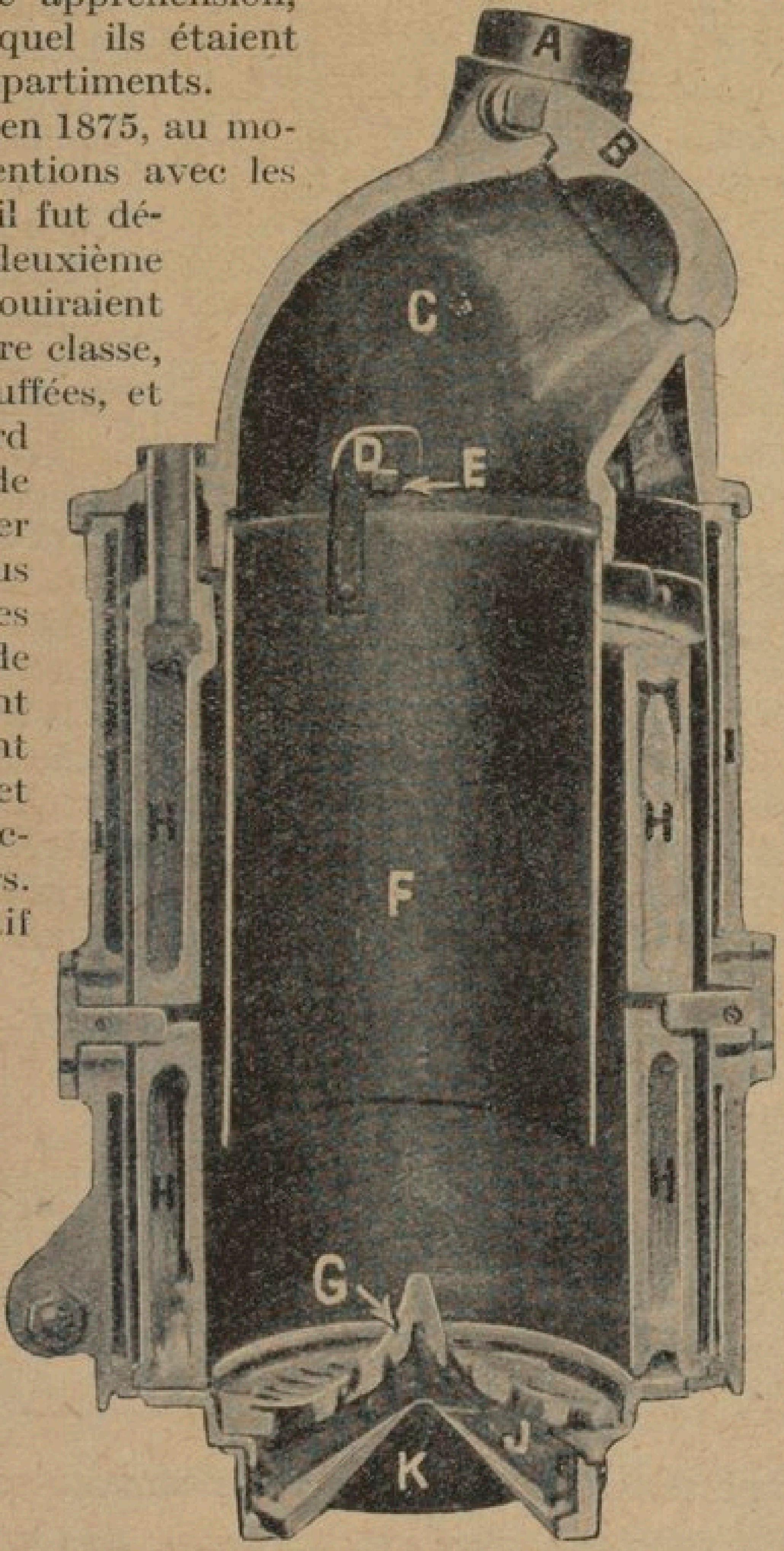
INGÉNIEUR AU CORPS DES PONTS ET CHAUSSÉES

Elle n'est pas encore bien éloignée de nous l'époque où les infortunés qui ne pouvaient se payer en chemin de fer le luxe d'une première classe n'entreprenaient pas, en hiver, un voyage de quelque durée sans la plus vive appréhension, en raison du froid auquel ils étaient exposés dans leurs compartiments.

Ce ne fut, en effet, qu'en 1875, au moment du vote des conventions avec les grandes compagnies, qu'il fut décidé que les voitures de deuxième et de troisième classes jouiraient comme celles de première classe, de l'avantage d'être chauffées, et l'amélioration fut d'abord appliquée sur le réseau de l'Etat, au cours de l'hiver de 1879-1880. Dix ans plus tard, en 1890, sur les autres réseaux, les voitures de troisième classe furent chauffées, mais seulement sur les grandes lignes et dans les trains qui effectuaient de grands parcours.

Mais combien primitif et insuffisant fut d'abord ce chauffage à l'aide de ces bouillottes dont chacun se souvient, et que l'on retrouve encore aujourd'hui sur les réseaux secondaires.

On les fait en tôle, plates et allongées; souvent on les munit d'une garniture en bois qui a pour but de ménager les tapis des voitures. On a essayé de les envelopper d'une couverture de laine épaisse, mais on a dû y renoncer. On en place deux par compartiment. Elles sont remplies d'eau chaude au départ et fermées au moyen d'un bouchon métallique assurant l'étanchéité.



COUPE DU FOYER DU THERMO-SIPHON DE LA COMPAGNIE DU NORD

A, *cheminée ;* B, *couvercle ;* C, *gueulard ;* D, *crochet de suspension ;* E, *tenon-support du foyer ;* F, *foyer ;* G, *grille ;* HH, *chaudière ;* II, *enveloppe ;* J, *cendrier ;* K, *souffleur.*

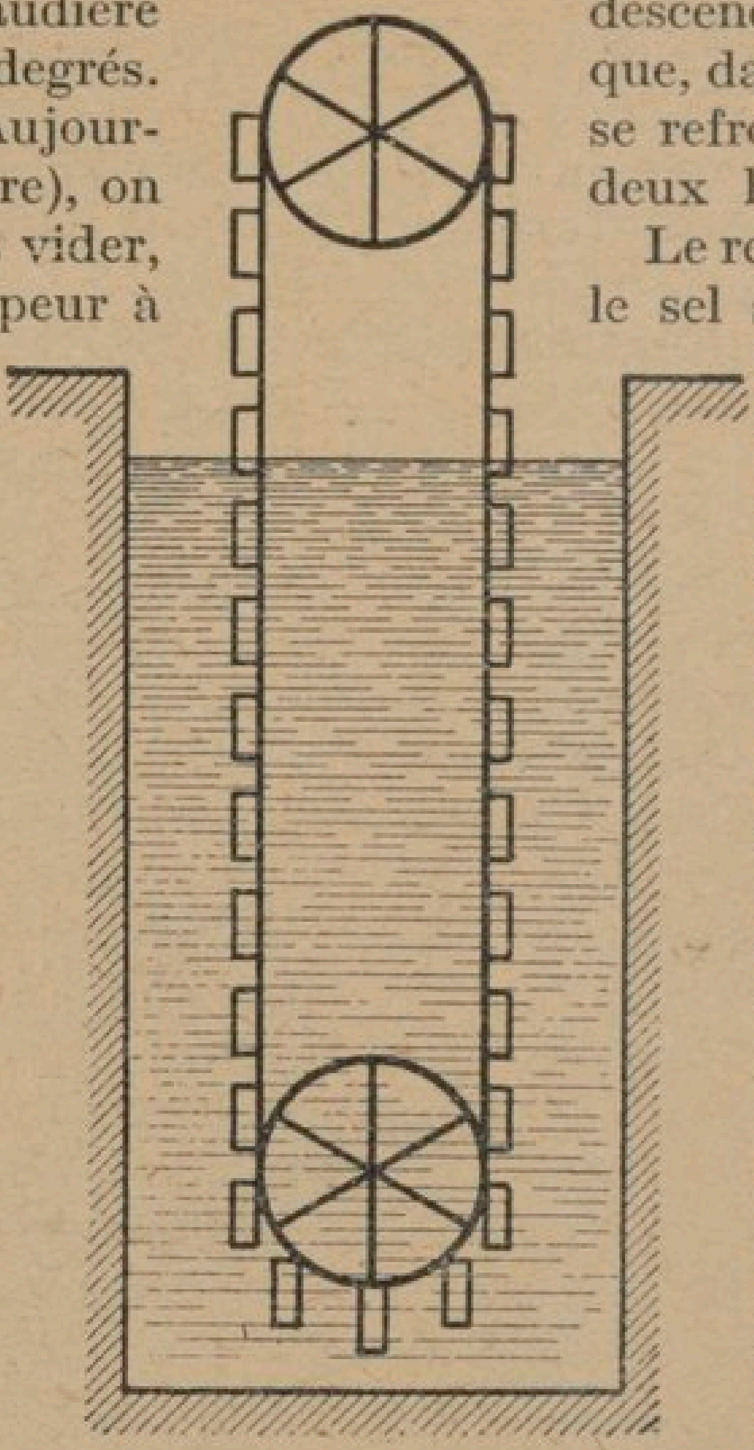
D'après les observations faites à la Compagnie de l'Est, une bouillotte remplie d'eau à 80 degrés s'est refroidie, en deux heures et demie, jusqu'à 45 degrés ; pendant ce temps, la température du compartiment a monté de 3 à 9 degrés, pour redescendre ensuite à 7,5 degrés, la température extérieure étant d'environ 1 degré au dessus de zéro. Après quatre heures, la température de la bouillotte n'est plus que de 33 degrés, et celle du compartiment de 5 degrés.

Ces résultats montrent, d'une part, que l'effet utile des bouillottes est à peu près nul au point de vue du chauffage des compartiments (elles ne chauffent que les pieds des voyageurs), et, d'autre part, qu'il est nécessaire de les remplacer au bout de très peu de temps.

Dans les trains de vitesse, le remplacement peut avoir lieu de deux heures en deux heures environ (il ne peut se faire que dans les grandes gares), et l'eau ne se refroidit pas trop ; mais, dans les trains omnibus, les trajets sans renouvellement sont souvent de quatre heures, et le chauffage est presque nul pendant les deux dernières heures.

Autrefois, pour réchauffer les bouillottes, on les vidait complètement et on les remplissait d'une eau tirée d'une chaudière où elle était entretenue à 100 degrés. Procédé long et incommode. Aujourd'hui (là où elles existent encore), on opère leur réchauffage, sans les vider, soit à l'aide d'un jet de vapeur à haute pression que l'on envoie dans leur eau après qu'elles ont été débouchées, soit en les plongeant dans l'eau bouillante sans enlever le bouchon.

Le premier procédé, qui est le plus rapide, consiste à plonger en même temps, dans un certain nombre de bouillottes portées par le même chariot, un nombre égal de tubes en métal manœuvrés par une herse en fonte à l'aide d'un levier à main et à contrepoids équilibrant. Chaque tube est muni d'un robinet qui permet de le mettre en communication avec une chaudière produisant la vapeur à une pression convenable. Deux à trois minutes suffisent pour porter l'eau à 90 degrés. L'autre système est l'immersion des bouillottes refroidies dans une cuve contenant de l'eau bouillante, à l'aide d'une sorte de noria formée de deux chaînes sans fin. Un tambour, qui tourne avec un mouvement suffisamment lent, fait mouvoir cette noria et permet, d'un côté, le chargement des bouillottes, et, de l'autre, leur enlèvement quand elles sont réchauffées.



NORIA POUR LE RÉCHAUFFAGE DES BOUILLOTTES SUR LE RÉSEAU DE L'EST

Les bouillottes sont attachées aux maillons de la chaîne sans fin qui, en tournant lentement, plonge dans l'eau de la cuve maintenue à 100°.

Dans le but de rendre moins fréquent le renouvellement des bouillottes en cours de route, plusieurs compagnies ont remplacé l'eau chaude par l'acétate de soude cristallisé (contenant quatre équivalents d'eau). Ce sel, en raison de la chaleur latente nécessaire à sa fusion, emmagasine une quantité de chaleur utile quatre fois plus grande que celle de l'eau. Les expériences ont montré qu'il met environ neuf heures pour descendre de 75 à 40 degrés, tandis que, dans les mêmes conditions, l'eau se refroidit de la même quantité en deux heures et demie environ.

Le remplissage des bouillottes avec le sel se fait une fois par an ; elles sont ensuite fermées hermétiquement au moyen de bouchons soudés. Leur réchauffage exigeant cinquante minutes, si l'on procède par simple immersion dans l'eau bouillante, on emploie généralement des bouillottes spécialement construites avec un serpentin en cuivre dans lequel il suffit de faire passer un courant de vapeur surchauffée pendant quinze à vingt minutes.

On a aussi essayé d'opérer le réchauffage à l'aide d'un courant électrique qui porte la chaleur en tous les points de la masse, grâce à un rhéostat à mailles finement serrées.

Le système Berghausen, ou chauffage à l'aide d'un charbon spécial, préparé sous forme de briquettes, est très usité en Allemagne. Ces briquettes, dont la combustion est très lente, et qui dégagent une chaleur à peu près constante, sont formées de charbon de bois pulvérisé mélangé avec trois à cinq parties de salpêtre, un peu de matière agglutinante et un peu d'eau. On les introduit dans des chauffe-rettes placées sous les pieds ou sous les sièges des voyageurs, et leur quantité est réglée de manière que la température du compartiment soit d'environ 12 degrés. Toutes les précautions sont prises pour que les produits de la combustion s'échappent dans l'atmosphère, mais il est bien difficile d'éviter qu'il y en ait une petite partie qui pénètre dans le

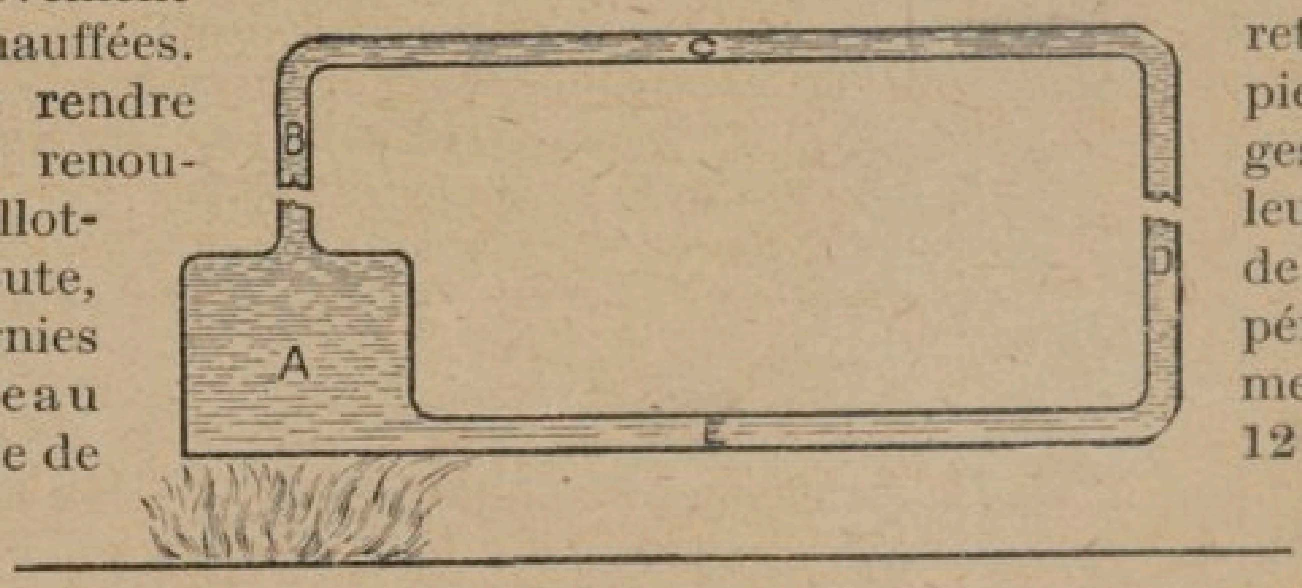


SCHÉMA MONTRANT LE PRINCIPE DU THERMO-SIPHON

L'eau du récipient A, *placé sur un fourneau, tend à s'élever par le tuyau* B *quand elle a été échauffée, poussant devant elle l'eau contenue dans le tuyau* C. *Un mouvement circulatoire s'établit ; l'eau chaude sort de la chaudière, l'eau froide y revient. La construction de l'appareil est adaptée à sa destination. La chaudière est remplacée par un certain nombre de tuyaux ou par un serpentin. Les tuyaux* BCD *sont plus ou moins ramifiés pour conduire l'eau à tous les points à chauffer.*

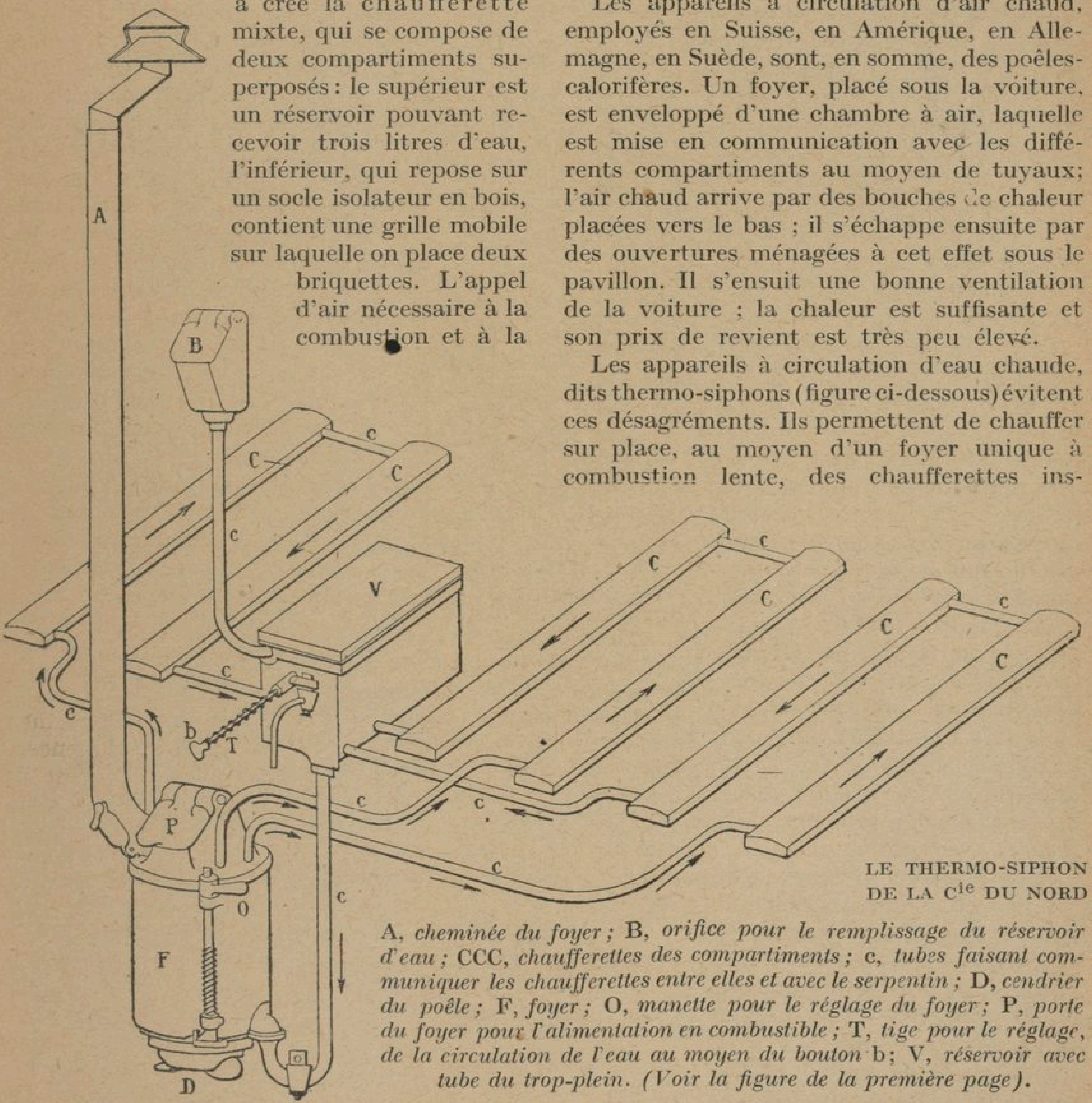
compartiment et vienne incommoder les voyageurs. C'est pour éviter cet inconvénient, tout en profitant de l'avantage de la plus grande quantité de chaleur donnée par le chauffage avec des briquettes par rapport aux bouillottes, que la Compagnie du Nord a créé la chaufferette mixte, qui se compose de deux compartiments superposés : le supérieur est un réservoir pouvant recevoir trois litres d'eau, l'inférieur, qui repose sur un socle isolateur en bois, contient une grille mobile sur laquelle on place deux briquettes. L'appel d'air nécessaire à la combustion et à la sortie de ses produits se fait par deux ouvertures qui débouchent sur le plancher dans une gaine en fonte. Aucun dégagement de gaz n'est à craindre par la porte d'introduction du combustible. C'est l'eau qui chauffe le compartiment tout en servant d'isolant entre le foyer et les voyageurs.

Tous les modes de chauffage dont nous venons de parler sont dits intermittents ; les suivants sont des systèmes continus.

Le poêle est la solution très simple du problème du chauffage, et il est très employé dans les voitures de dernières classes en Suisse, en Allemagne, en Russie et aussi en Amérique, où il existe toujours un agent chargé de son entretien. Il n'est guère en faveur en France, à cause des dangers très sérieux qu'il présente en cas d'accidents.

Les appareils à circulation d'air chaud, employés en Suisse, en Amérique, en Allemagne, en Suède, sont, en somme, des poêles-calorifères. Un foyer, placé sous la voiture, est enveloppé d'une chambre à air, laquelle est mise en communication avec les différents compartiments au moyen de tuyaux; l'air chaud arrive par des bouches de chaleur placées vers le bas ; il s'échappe ensuite par des ouvertures ménagées à cet effet sous le pavillon. Il s'ensuit une bonne ventilation de la voiture ; la chaleur est suffisante et son prix de revient est très peu élevé.

Les appareils à circulation d'eau chaude, dits thermo-siphons (figure ci-dessous) évitent ces désagréments. Ils permettent de chauffer sur place, au moyen d'un foyer unique à combustion lente, des chaufferettes installées à demeure dans le plancher des compartiments des voitures à voyageurs.



LE THERMO-SIPHON DE LA Cie DU NORD

A, *cheminée du foyer ;* B, *orifice pour le remplissage du réservoir d'eau ;* CCC, *chaufferettes des compartiments ;* c, *tubes faisant communiquer les chaufferettes entre elles et avec le serpentin ;* D, *cendrier du poêle ;* F, *foyer ;* O, *manette pour le réglage du foyer ;* P, *porte du foyer pour l'alimentation en combustible ;* T, *tige pour le réglage, de la circulation de l'eau au moyen du bouton* b ; V, *réservoir avec tube du trop-plein. (Voir la figure de la première page).*

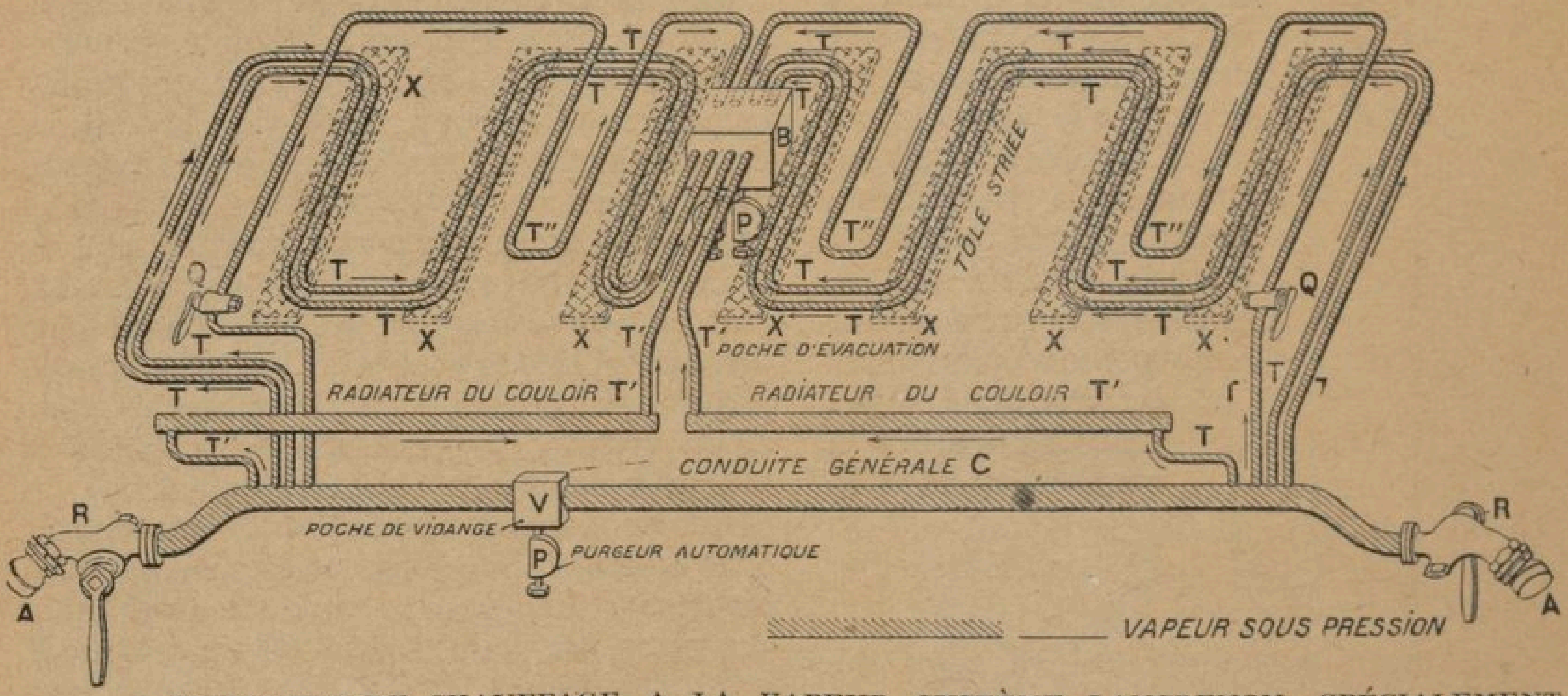
Le foyer, composé d'un cylindre en tôle percé de trous, est placé sous une traverse latérale du véhicule, de façon à permettre le chargement du combustible sans gêner l'entrée des voyageurs. Un serpentin, contenant l'eau à échauffer, est enroulé autour de lui. L'eau chaude se rend par un premier tube du serpentin dans les chaufferettes, où des chicanes l'obligent à suivre un chemin déterminé, de manière à fournir une tempé-

rature égale partout. Elle redescend ensuite à la partie inférieure du serpentin par un autre tube. Un vase d'expansion permet la dilatation du liquide et sert en même temps d'appareil de sûreté dans le cas où la température d'ébullition se trouverait atteinte. Le réglage de la chaleur se fait à l'aide d'un papillon contenu dans la cheminée du foyer.

L'appareil permet de chauffer deux compartiments pendant cinq heures environ sans recharger le foyer.

Le système de chauffage par circulation de vapeur est le plus important de tous ; c'est celui qui possède les plus grands avantages, à tous les points de vue.

La vapeur, prise sur la locomotive, circule d'un bout à l'autre du train, sans retour, dans des tuyaux traversant les compartiments à chauffer, après avoir passé par un détendeur de vapeur qui abaisse la pression. Une seule conduite générale règne sous toutes les voitures, et, sur elle, se branchent des tubes amenant la vapeur dans les compartiments. Les voyageurs peuvent régler la chaleur grâce à un robinet qui permet de fermer plus ou moins l'admission. Les voitures sont reliées entre elles par un raccord mobile en forme de V (pages 456 et 458), portant à sa partie inférieure une soupape de vidange réglée de manière à rester ouverte lorsque l'appareil ne fonctionne pas, et pour laisser, à ce moment, écouler l'eau de condensation. Cette soupape se ferme automatiquement lorsque la pression dépasse un demi-kilogramme.

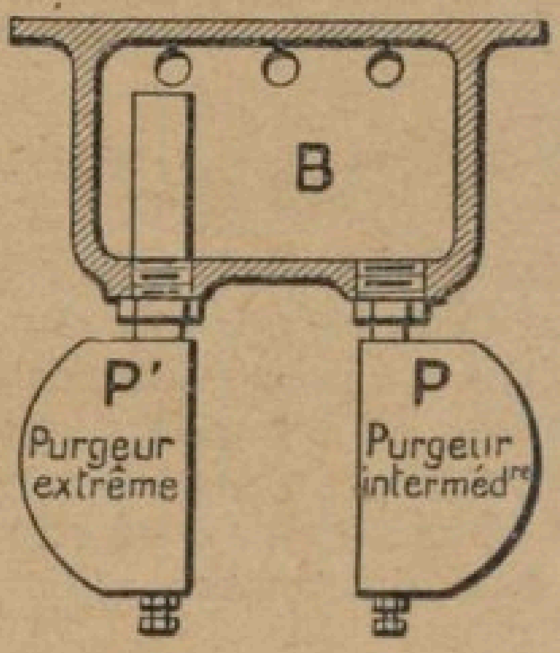


DISPOSITIF DE CHAUFFAGE A LA VAPEUR SYSTÈME LANCRENON, SPÉCIALEMENT CONSTRUIT POUR LES VOITURES A BOGIES

A, *arrivée et sortie de la vapeur dans la conduite générale* C *avec les deux robinets* R ; V, *poche d'évacuation de l'eau de condensation ;* P, *purgeur ;* T, *circuit des chaufferettes ;* T', *circuit du radiateur ;* T'', *circuit supplémentaire et ses deux robinets* Q ; X, *chaufferettes des compartiments.*

A l'arrière de la dernière voiture, un petit ajutage de faible section, forme l'extrémité de la conduite générale de la vapeur.

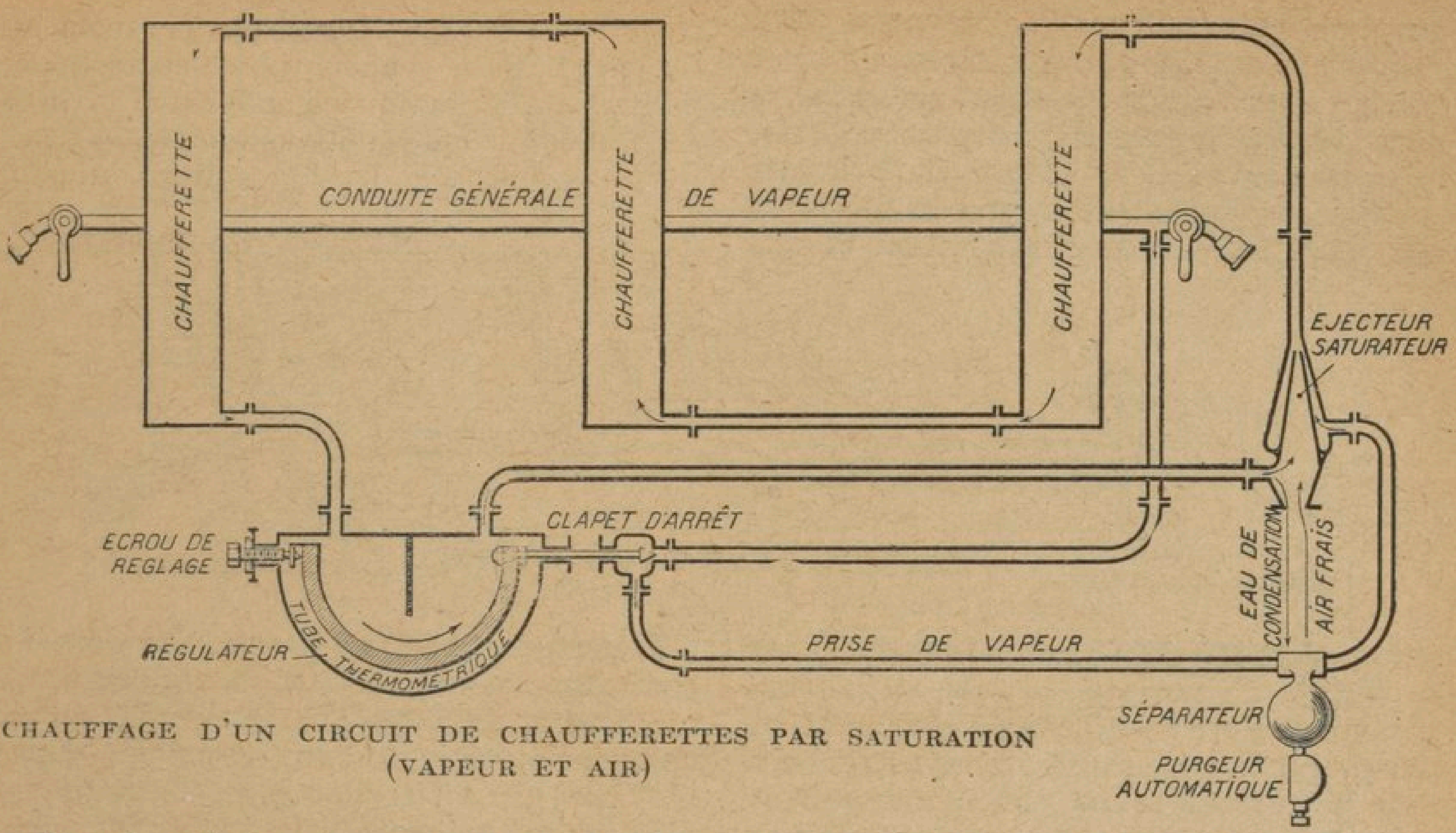
Le chauffage doit être commencé une heure d'avance, et il faut, en conséquence, que la machine soit attelée à ce moment à son train, si on ne dispose pas d'une machine spécialisée dans ce but. La locomotive doit fournir 10 kilogrammes de vapeur par voiture et par heure, ce qui correspond à une consommation d'environ 2 kilogrammes de charbon ; on peut obtenir ainsi une température susceptible de dépasser de 12, 15 et même 20 degrés celle de l'extérieur.



DÉTAIL DE CONSTRUCTION DE LA POCHE D'ÉVACUATION

B, *poche recevant l'eau de condensation ;* P P', *purgeurs automatiques.*

On emploie, soit la vapeur seule, soit, ce qui vaut mieux, et ce qui se fait en France, la vapeur et l'air comprimé combinés. L'addition de l'air comprimé, qui est emprunté à la pompe du frein Westinghouse, a pour effet de maintenir dans toutes les parties des conduites, même vers leurs extrémités, des courants gazeux assez intenses pour entraîner continuellement l'eau de condensation. Elle permet aussi d'obtenir une pression plus régulière et d'éviter les congélations par les temps de froid très vif.



CHAUFFAGE D'UN CIRCUIT DE CHAUFFERETTES PAR SATURATION (VAPEUR ET AIR)

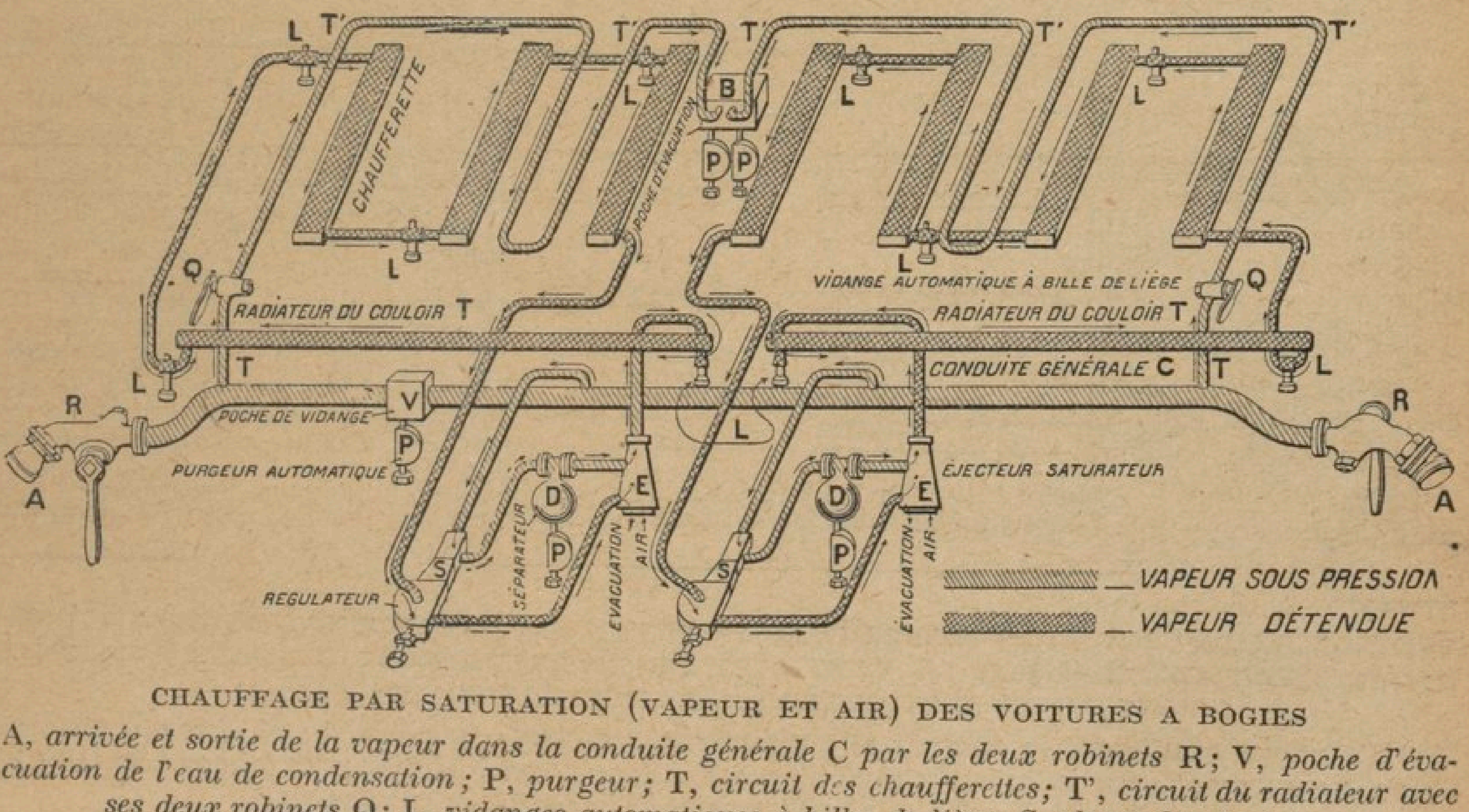
En raison de leur importance, nous allons décrire avec quelques détails les deux systèmes employés sur le réseau de l'Etat, ceux en usage sur les autres réseaux français étant d'ailleurs identiques ou peu différents.

1° Chauffage (système de l'ingénieur Lancrenon) par la vapeur sous pression.

De la conduite générale, le courant de vapeur et d'air comprimé, venant de la locomotive, passe dans un ou plusieurs tuyaux, dits tuyaux de chauffage, spéciaux à chaque voiture, et qui sont branchés d'un bout sur cette conduite générale (fig. à la page 454).

Ces tuyaux de chauffage s'élèvent d'abord verticalement pour pénétrer dans l'intérieur du wagon, puis sont coudés à angle droit au niveau du plancher sur lequel ils courent ensuite horizontalement, en passant dans l'axe transversal de chaque compartiment, sous une tôle striée, formant chaufferette, ou le long des parois longitudinales, où ils constituent une série de radiateurs.

A leur autre extrémité, les tuyaux de chauffage sortent du wagon et aboutissent directement, ou par l'intermédiaire d'un collecteur, dans une boîte en fonte, dite poche d'évacuation, placée au niveau du plancher et pourvue à sa partie inférieure de deux

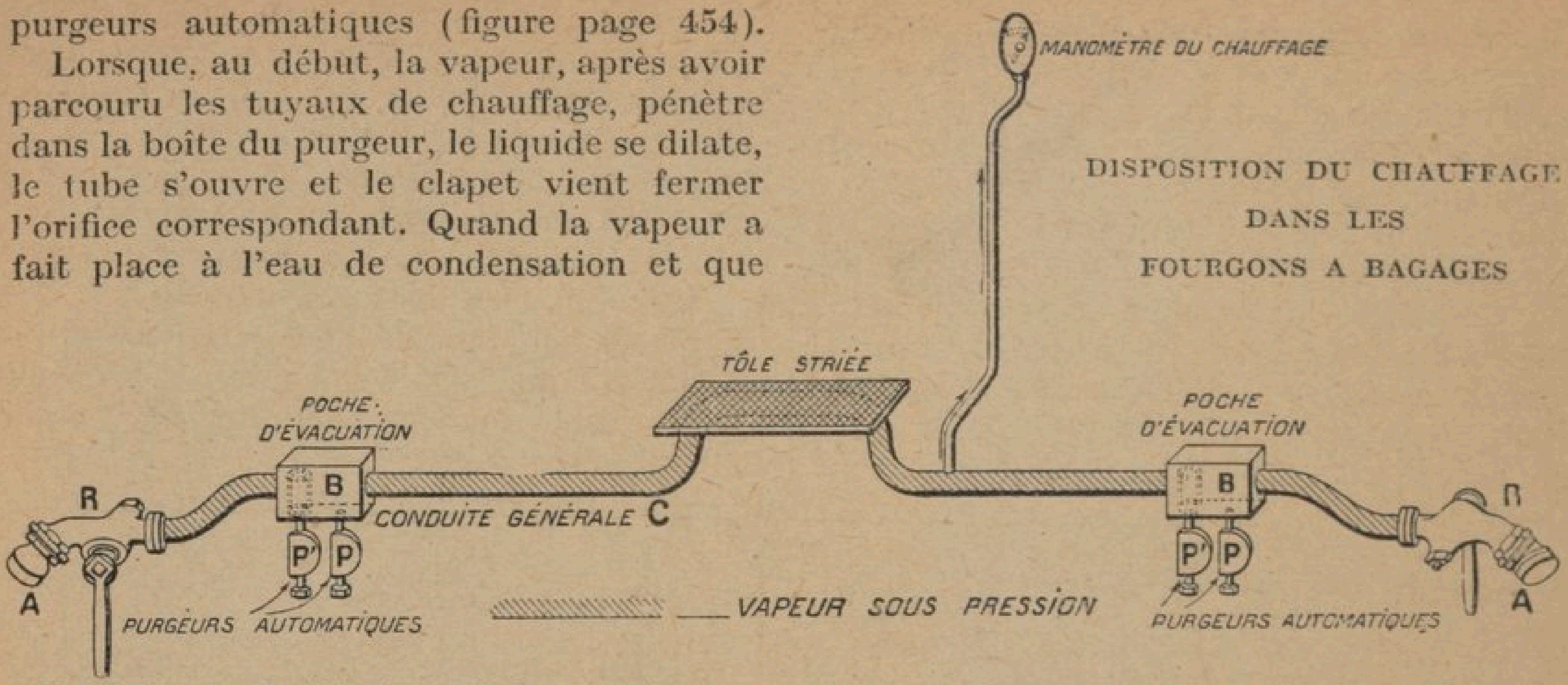


CHAUFFAGE PAR SATURATION (VAPEUR ET AIR) DES VOITURES A BOGIES

A, *arrivée et sortie de la vapeur dans la conduite générale* C *par les deux robinets* R; V, *poche d'évacuation de l'eau de condensation;* P, *purgeur;* T, *circuit des chaufferettes;* T', *circuit du radiateur avec ses deux robinets* Q; L, *vidanges automatiques à billes de liège;* S, *clapet du régulateur.*

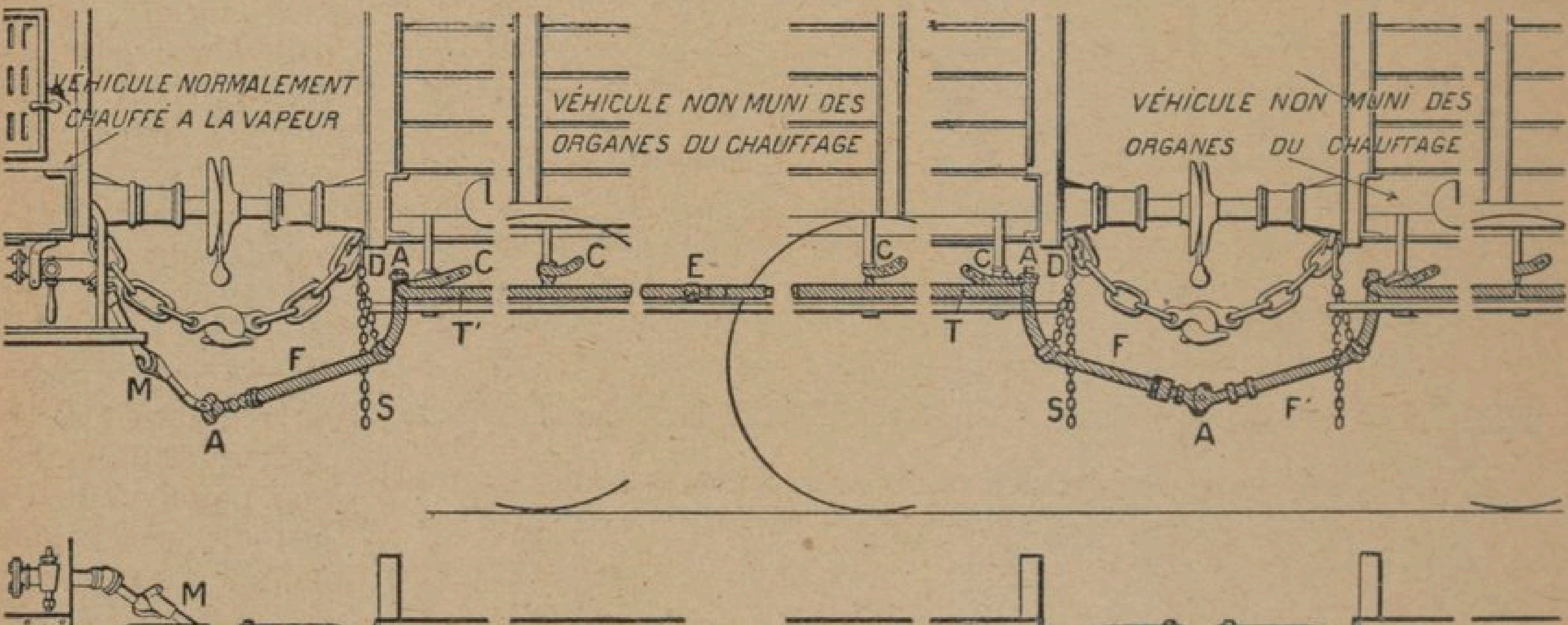
purgeurs automatiques (figure page 454).

Lorsque, au début, la vapeur, après avoir parcouru les tuyaux de chauffage, pénètre dans la boîte du purgeur, le liquide se dilate, le tube s'ouvre et le clapet vient fermer l'orifice correspondant. Quand la vapeur a fait place à l'eau de condensation et que celle-ci s'est refroidie jusqu'à la température de réglage du purgeur, le tube se referme, la soupape s'ouvre et l'eau de condensation, chassée par la vapeur, est évacuée au dehors. Puis le purgeur se referme à nouveau au contact de la vapeur. C'est par une série de pulsations plus ou moins rapides que l'eau est évacuée périodiquement.



DISPOSITION DU CHAUFFAGE DANS LES FOURGONS A BAGAGES

L'eau de condensation produite dans la conduite générale, assez abondante au commencement de la mise en charge, s'échappe en queue du train, soit par un purgeur automatique que l'on adapte au demi-accouplement métallique arrière du dernier véhicule, et dit « purgeur de queue », soit par la poche spéciale de vidange que porte chaque



MONTAGE DE LA CONDUITE VOLANTE DANS LE CAS DE L'ACCOUPLEMENT AVEC UN VÉHICULE NORMALEMENT CHAUFFÉ PAR LA VAPEUR ET DE L'ACCOUPLEMENT DE DEUX CONDUITES VOLANTES ENTRE ELLES (ÉLÉVATION ET VUE EN PLAN)

T *et* T', *tuyaux constituant la conduite et pouvant coulisser l'un dans l'autre;* E, *écrou à oreilles;* C, *petites courroies pour attacher la conduite;* AA', *têtes des conduites;* M, *accouplement du véhicule contigu;* F, *boyau flexible;* D, *crochet de la chaîne de suspension* S.

extrémité de la conduite principale du dernier véhicule (voir la figure ci-dessous).

2° Chauffage par la vapeur à basse pression et l'air au moyen d'un saturateur (système Heintz, ingénieur belge).

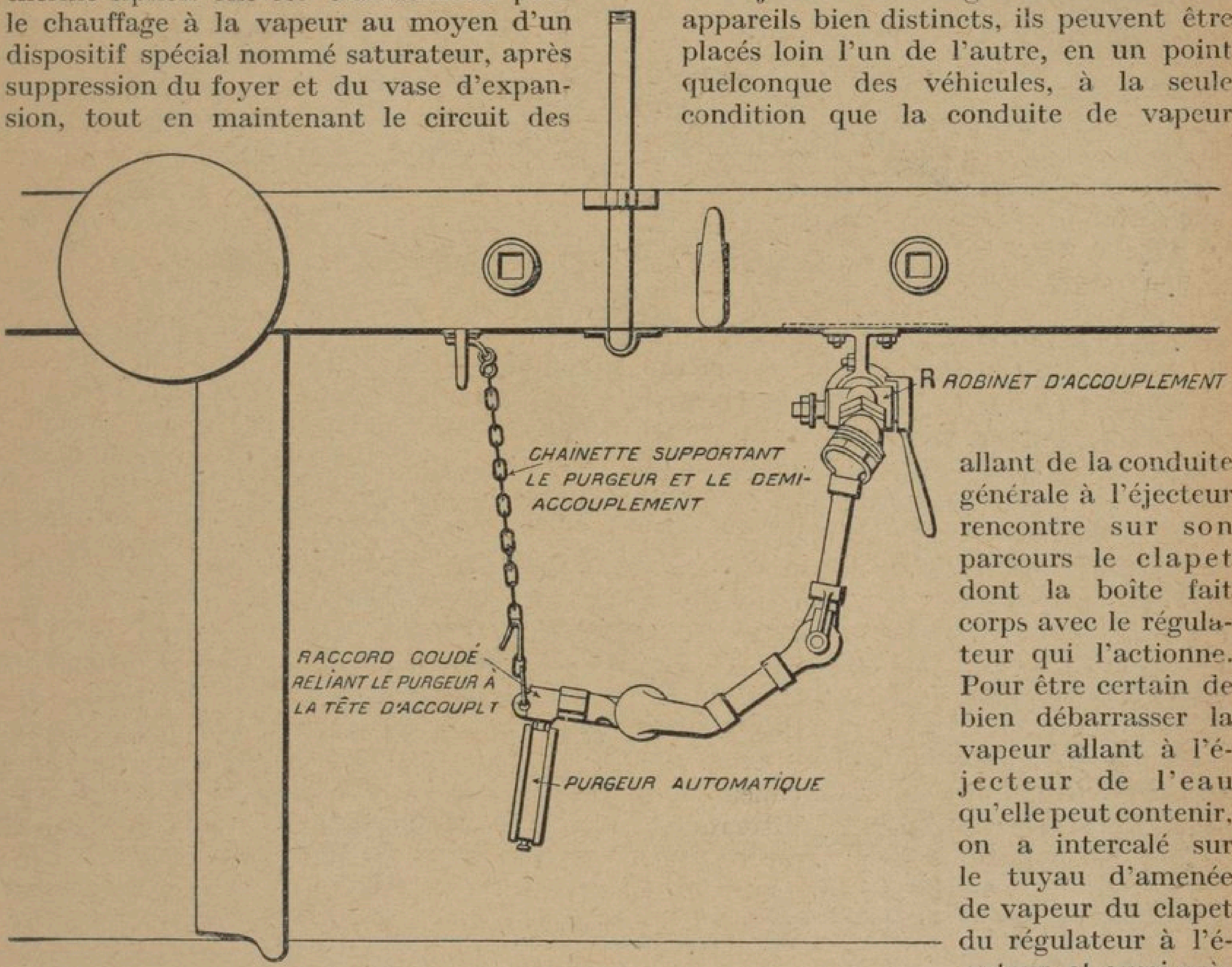
Les voitures antérieurement munies du thermo-siphon ont été transformées pour le chauffage à la vapeur au moyen d'un dispositif spécial nommé saturateur, après suppression du foyer et du vase d'expansion, tout en maintenant le circuit des chaufferettes existant. En principe, cette transformation (figure page 455) a consisté à intercaler sur le circuit des chaufferettes un éjecteur dit « saturateur », alimenté par la conduite générale de vapeur montée sous le châssis avec robinets d'arrêt et demi-accouplement métallique du type courant.

Cet éjecteur aspire au dehors l'air que le jet de vapeur échauffe et le refoule à faible pression dans le circuit des chaufferettes. Ce courant d'air saturé de vapeur revient, encore chaud, à l'aspiration de l'éjecteur, y abandonne, par l'orifice inférieur d'aspiration, l'eau de condensation qu'il a balayée dans les conduites, et recommence son circuit en se réchauffant au passage dans l'éjecteur (voir la figure à la page 000).

Comme le fonctionnement continu de l'éjecteur donnerait sur les chaufferettes une température trop élevée, on a intercalé sur le circuit un régulateur qui a pour rôle de fermer automatiquement l'arrivée de vapeur lorsque le courant de retour qui le traverse a atteint une température suffisante.

L'éjecteur et le régulateur étant deux appareils bien distincts, ils peuvent être placés loin l'un de l'autre, en un point quelconque des véhicules, à la seule condition que la conduite de vapeur allant de la conduite générale à l'éjecteur rencontre sur son parcours le clapet dont la boîte fait corps avec le régulateur qui l'actionne. Pour être certain de bien débarrasser la vapeur allant à l'éjecteur de l'eau qu'elle peut contenir, on a intercalé sur le tuyau d'amenée de vapeur du clapet du régulateur à l'éjecteur, et aussi près que possible de l'éjecteur, un organe nommé séparateur, formé d'une boule portant à sa partie inférieure un purgeur automatique dont le rôle est de laisser échapper toute l'eau qui peut y être entraînée (voir la figure à la page 455).

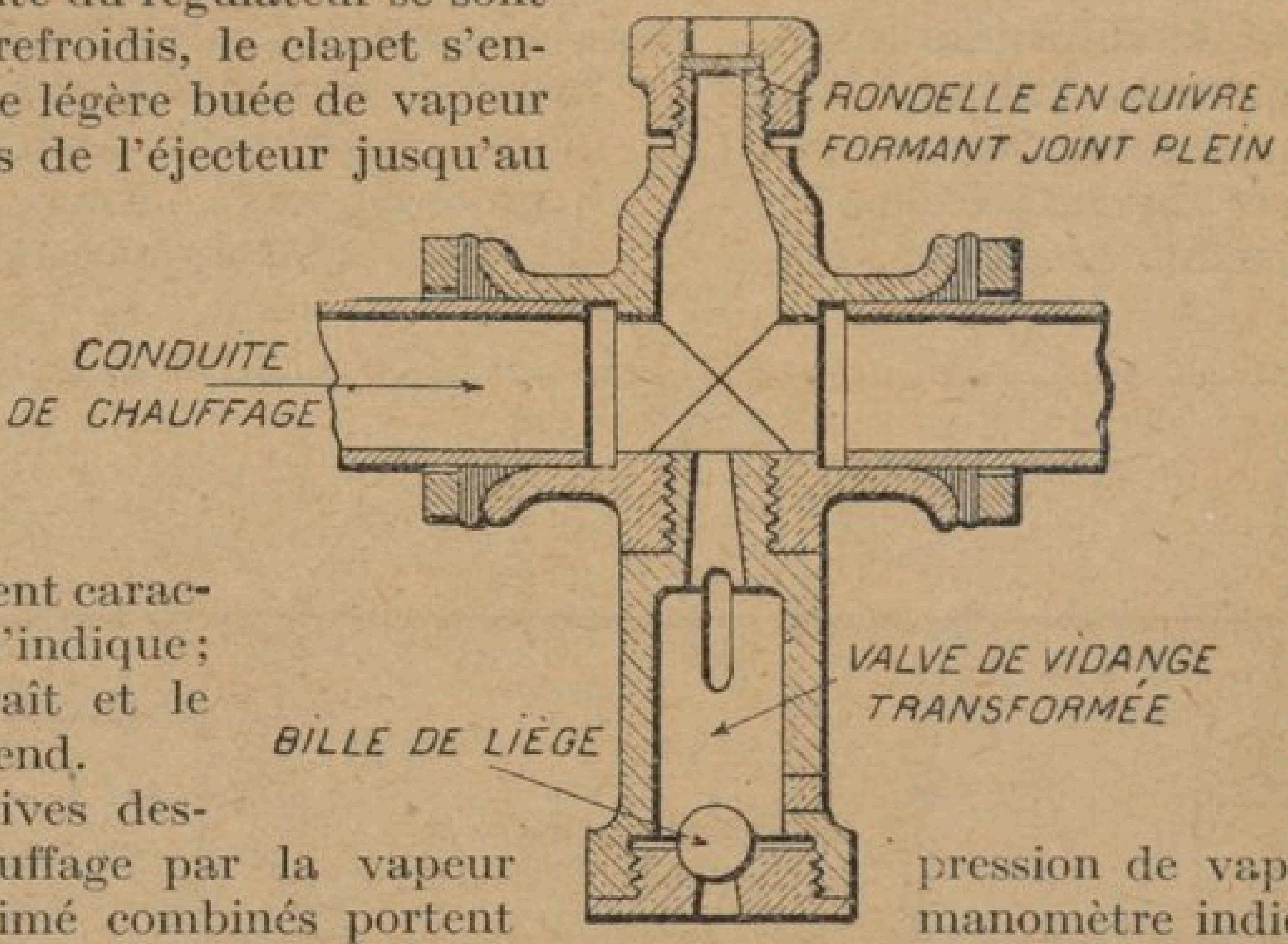
Pour la mise en train, le clapet étant en position normale, c'est-à-dire ouvert, la vapeur venant de la conduite générale arrive à l'éjecteur, qui doit s'amorcer de suite en produisant une aspiration d'air en dessous avec un bruit caractéristique indiquant qu'il fonctionne. Le jet de vapeur et d'air se propage dans le circuit qui s'échauffe de proche en proche et chasse devant lui l'eau de condensation, qui s'écoule par le bas de l'éjecteur. Quand le courant arrivant à la boîte du régulateur est à une température suffisante, ce dernier fonctionne et, peu à peu, ferme le clapet. La vapeur, progressivement



POSITION DU PURGEUR DE QUEUE DANS LE FONCTIONNEMENT NORMAL DU CHAUFFAGE A LA VAPEUR

arrêtée n'ayant plus la puissance nécessaire au fonctionnement de l'éjecteur, s'échappe en buée plus ou moins dense par l'orifice inférieur jusqu'à la fermeture complète.

Lorsque au bout d'un certain temps, le circuit et la boîte du régulateur se sont suffisamment refroidis, le clapet s'entr'ouvre, et une légère buée de vapeur sort par le bas de l'éjecteur jusqu'au moment où, l'ouverture du clapet étant devenue suffisante, l'éjecteur s'amorce avec le sifflement caractéristique qui l'indique; la buée disparaît et le chauffage reprend.

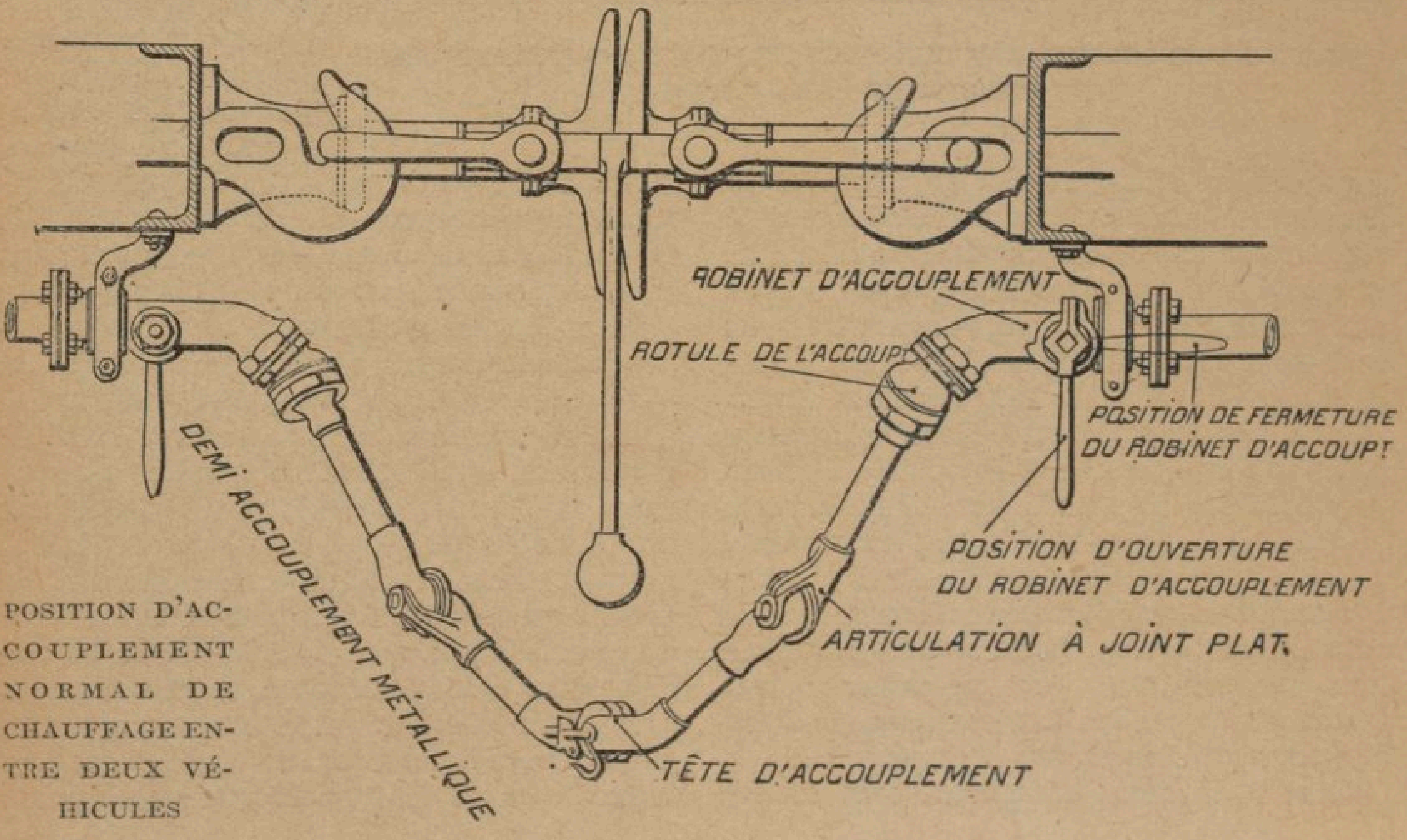


DÉTAIL DE LA VIDANGE A BILLE DE LIÈGE

Les locomotives destinées au chauffage par la vapeur et l'air comprimé combinés portent toutes : 1° une conduite générale de chauffage formée par un tube en fer régnant à l'extérieur de l'un des côtés, et terminé, à l'avant et à l'arrière, par un robinet d'accouplement sur lequel se monte un demi-accouplement ; 2° un robinet de prise directe, semblable à celui du frein Westinghouse, permettant d'envoyer dans la conduite la vapeur prise dans la chaudière; 3° enfin, un autre robinet permettant au mécanicien d'injecter dans la conduite de chauffage l'air comprimé pris au réservoir principal par l'intermédiaire d'un régulateur constitué au moyen de valves et de ressorts tarés de telle sorte que la prise d'air soit interceptée si la pression n'est pas supérieure à 5,5 kilogrammes. Les deux robinets sont en communication directe avec : 1° une tubulure à raccords intercalée sur la conduite générale de chauffage et munie, de chaque côté, d'un robinet d'arrêt permettant d'isoler l'une ou l'autre partie de la conduite selon que la machine marche cheminée avant ou cheminée arrière; 2° une soupape de sûreté limitant à 3,5 kilogrammes environ la pression de vapeur et d'air; 3° un manomètre indiquant cette pression.

Les tenders comportent également une conduite latérale terminée par un robinet d'accouplement et se raccordant par les moyens indiqués plus haut au demi-accouplement arrière de la locomotive et au demi-accouplement avant du premier véhicule du train.

Chaque voiture (fig. pages 454 et 455) a été divisée en deux parties, en ce qui concerne le chauffage, qui se trouve ainsi assuré au moyen de circuits distincts, ayant leurs prises de vapeur spéciales sur la conduite générale à chaque extrémité de la voiture,



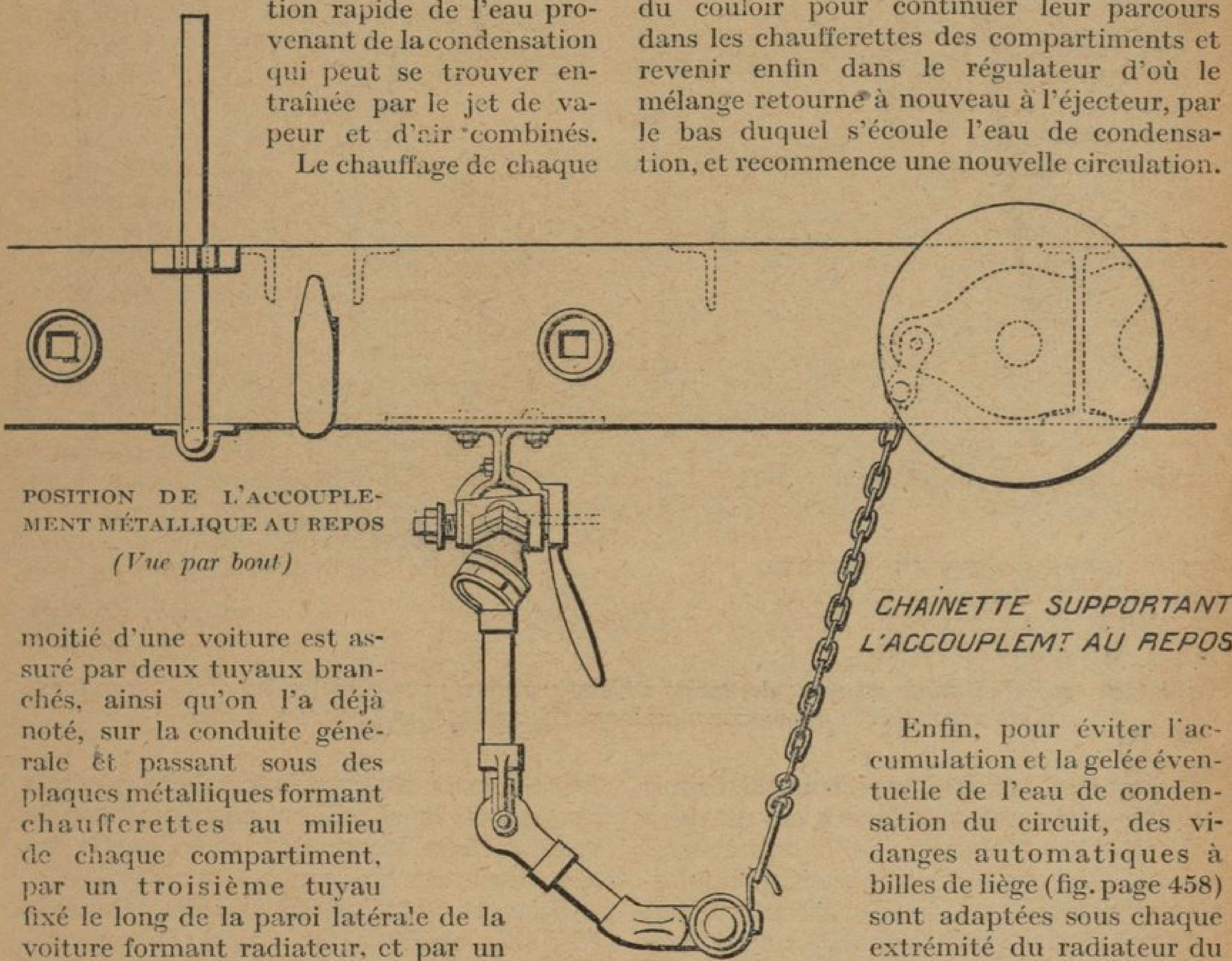
POSITION D'ACCOUPLEMENT NORMAL DE CHAUFFAGE ENTRE DEUX VÉHICULES

et aboutissant, vers le centre de celle-ci, à une poche d'évacuation commune, comme on l'a dit plus haut dans cet article.

Vers le milieu de la conduite générale amenant la vapeur et courant sous le wagon, a été placée (au point le plus bas), une poche de vidange à laquelle est suspendu un purgeur automatique. Son rôle est de permettre, au moment de la mise en charge, l'évacuation rapide de l'eau provenant de la condensation qui peut se trouver entraînée par le jet de vapeur et d'air combinés.

Le chauffage de chaque moitié d'une voiture est assuré par deux tuyaux branchés, ainsi qu'on l'a déjà noté, sur la conduite générale et passant sous des plaques métalliques formant chaufferettes au milieu de chaque compartiment, par un troisième tuyau fixé le long de la paroi latérale de la voiture formant radiateur, et par un quatrième, qui pénètre dans le wagon sous le petit siège d'attente, au bout du couloir, et forme un circuit supplémentaire pour le chauffage de l'air des compartiments. Ce dernier seul est muni d'un robinet qui commande à volonté l'arrêt ou le passage de la vapeur. Les huit tuyaux de toute la voiture (quatre par chaque moitié) aboutissent tous à la poche d'évacuation, d'une contenance d'environ 5 litres, et dont l'un des purgeurs, dit « purgeur intermédiaire », est destiné à assurer l'évacuation de l'eau de condensation, tandis que le second, dit « purgeur extrême », sert plus spécialement à ramener automatiquement le fonctionnement du chauffage en cas de congélation partielle du purgeur intermédiaire.

Dans le chauffage à la vapeur par saturateur, l'aménagement pour chaque moitié de la voiture est le suivant : vers le milieu de la conduite générale, un branchement amène la vapeur à l'orifice, commandé par le clapet du régulateur d'où elle se dirige à l'éjecteur, après avoir, toutefois, traversé le séparateur où elle abandonne son eau de condensation évacuée par le purgeur automatique. Le jet de vapeur et l'air aspiré par le bas de l'éjecteur passent ensuite dans le radiateur du couloir pour continuer leur parcours dans les chaufferettes des compartiments et revenir enfin dans le régulateur d'où le mélange retourne à nouveau à l'éjecteur, par le bas duquel s'écoule l'eau de condensation, et recommence une nouvelle circulation.



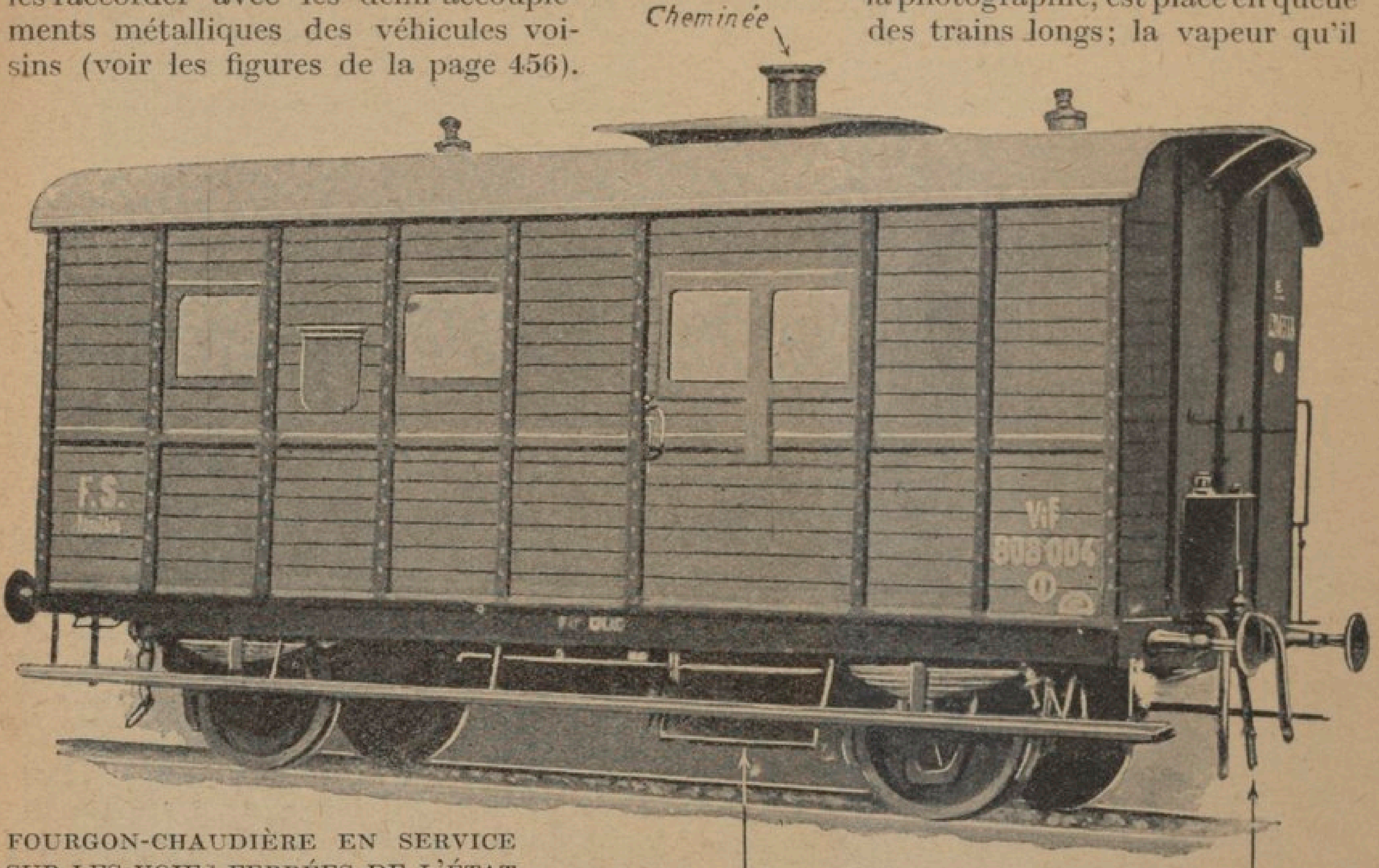
POSITION DE L'ACCOUPLEMENT MÉTALLIQUE AU REPOS
(Vue par bout)

Enfin, pour éviter l'accumulation et la gelée éventuelle de l'eau de condensation du circuit, des vidanges automatiques à billes de liège (fig. page 458) sont adaptées sous chaque extrémité du radiateur du couloir et sous les raccords spéciaux qui portaient les valves de vidange à piston quand ces circuits étaient chauffés au moyen du thermo-siphon que l'on connaît.

Dans les fourgons (fig. page 456), la conduite générale remonte au droit de la guérite du conducteur au niveau du plancher, et, là, elle est recouverte d'une tôle striée, formant chaufferette pour l'agent du train.

Pour permettre d'intercaler dans un train chauffé à la vapeur des véhicules non munis de dispositifs pour ce mode de chauffage, on utilise la « conduite volante », laquelle est constituée par deux tuyaux en fer pouvant coulisser l'un dans l'autre pour obtenir la longueur nécessitée par le véhicule qui doit la recevoir. Le tube extérieur est muni d'un presse-étoupe que l'on peut serrer au moyen d'un écrou à oreilles pour assurer

l'étanchéité du joint entre les deux tubes. A chaque extrémité existe une tête d'accouplement. Deux boyaux flexibles servent à les raccorder avec les demi-accouplements métalliques des véhicules voisins (voir les figures de la page 456).



FOURGON-CHAUDIÈRE EN SERVICE SUR LES VOIES FERRÉES DE L'ÉTAT ITALIEN ET SUR LES LIGNES DE LA COMPAGNIE P.-L.-M.

Ce fourgon spécial est placé en queue des trains de long parcours pour chauffer les dernières voitures, où la vapeur de la locomotive n'arrive pas à un degré suffisamment élevé.

Tel est ce chauffage à la vapeur qui, depuis les quelques années qu'il est en usage, a donné toute satisfaction. On lui reproche, il est vrai, de ne pas toujours chauffer les dernières voitures quand le froid est vif, surtout si le train est long. On remédie à cet inconvénient, dans certains pays étrangers, en installant une seconde montée sur un fourgon-chaudière contenant un générateur à vapeur, intercalé vers le milieu du train, pour chauffer les wagons d'arrière.

Sur les chemins de fer de l'Etat italien dont les wagons sont depuis longtemps chauffés à la vapeur, système Heintz, ce fourgon-chaudière, dont nous reproduisons ci-dessous la photographie, est placé en queue des trains longs; la vapeur qu'il fournit, passant dans la conduite générale partant de la chaudière, va rejoindre celle venant de la locomotive, et la partie arrière du train se trouve ainsi chauffée.

Il en est de même depuis deux ans sur le P.-L.-M., et il en sera ainsi l'hiver prochain sur tout le réseau de l'Etat français. Le tableau ci-dessus, dressé par M. Goschler, montre la dépense (prix d'avant-guerre) occasionnée par les différents systèmes de chauffage des trains.

SYSTÈMES DE CHAUFFAGE	DÉPENSES DE PREMIER ÉTABLISSEMENT PAR COMPARTIMENT	DÉPENSES D'EXPLOITATION PAR COMPARTIMENT	
		PRIX DE L'HEURE DU CHAUFFAGE	DÉPENSE JOURNALIÈRE (20 HEURES)
	FR.	FR.	FR.
Bouillottes à eau..........	187.50	0.0469	0.937
Chaufferettes à feu.........	176.06	0.0750	1.500
Calorifères à air chaud.....	143.75	0.0375	0.750
— à eau chaude....	170. »	0.0353	0.707
— à vapeur........	150. »	0.0333	0.666

PIERRE MONGILLAUD.

LES BONS CHARBONS FONT LE BON GAZ

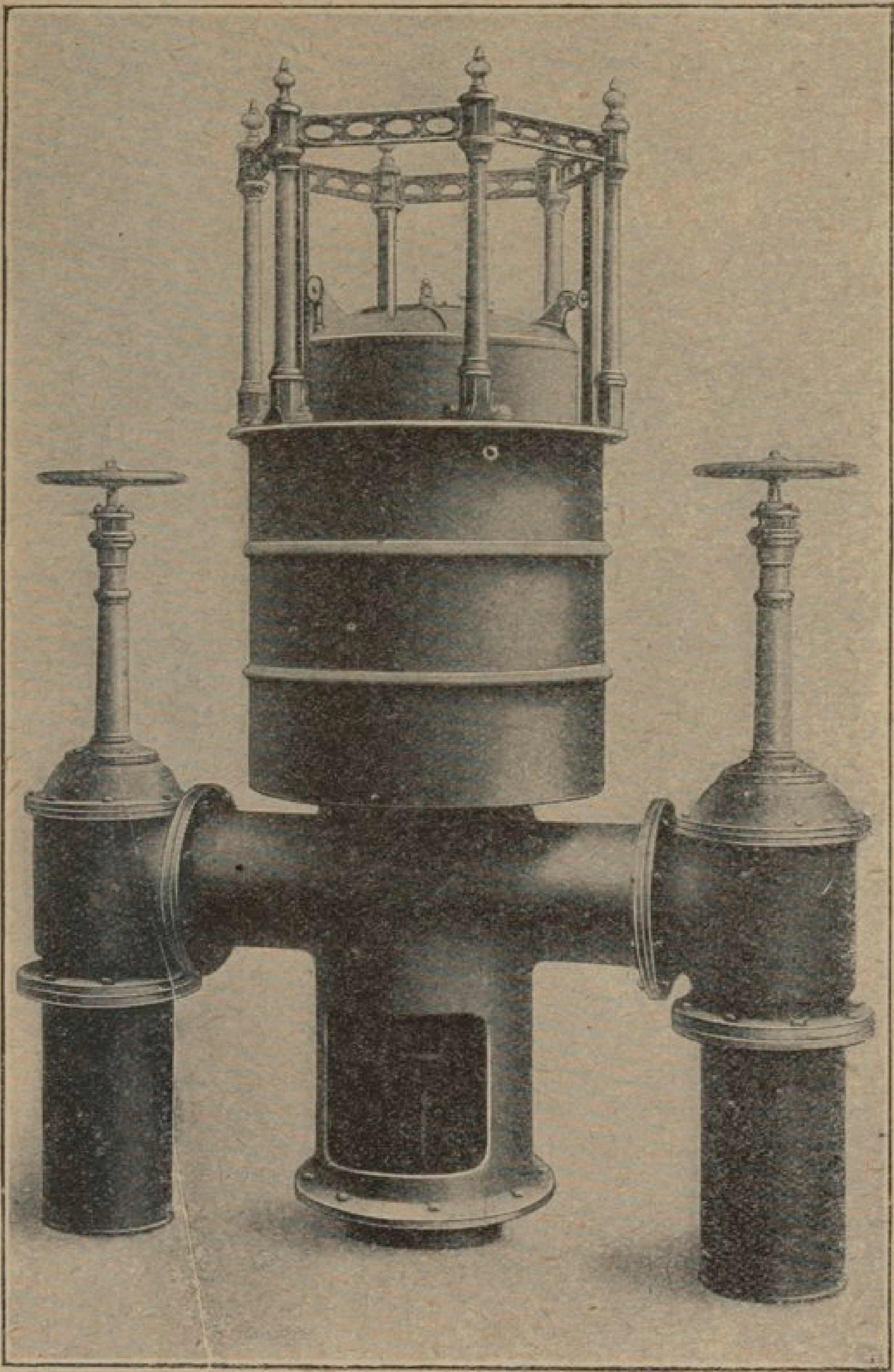
Par Charles DE SUCY

INGÉNIEUR DE COMPAGNIES GAZIÈRES

Le renchérissement excessif des charbons et la disparition de certaines catégories de houilles spéciales étrangères ont mis les municipalités des villes françaises, ainsi que la plupart des sociétés gazières, dans une situation financière très difficile.

En effet, le prix du gaz étant fixé par contrat, ne peut être modifié au gré des circonstances. Avant la guerre, les fabricants s'approvisionnaient non seulement en France, mais aussi en Angleterre, en Belgique et en Allemagne. La brusque suppression de ces deux dernières sources d'approvisionnement obligea les exploitants des usines à gaz à demander à l'Angleterre un tonnage plus considérable, car nos houillères du Centre de la France ne produisent que relativement peu de charbons aptes à cette industrie et l'autorité militaire avait réquisitionné la majeure partie de leur extraction.

L'exagération de la demande et l'augmentation des frets produisirent une hausse exorbitante des charbons anglais, ce qui frappa dans leurs œuvres vives, non seulement les sociétés gazières du pays, mais aussi celles qui possèdent et exploitent de grandes usines à l'étranger, notamment en Italie et en Espagne. En effet, les changes italien et français ayant monté, une société qui réalise ses recettes en francs et en lire et qui paye ses charbons en livres sterling supporte, par an, de ce fait, une perte au change très importante.



APPAREIL D'ÉMISSION DU GAZ AU SORTIR DES GAZOMÈTRES DES GRANDES USINES

Pour alléger les charges de l'industrie du gaz, le gouvernement a prescrit des restrictions importantes de la consommation des villes et des particuliers. Pour les grands centres, ces mesures n'ont pas toujours réussi à faire baisser le volume de gaz demandé aux usines au-dessous des chiffres réalisés en 1913. Ainsi, à Lyon, bien que l'éclairage public n'ait exigé en 1916 qu'environ 4 millions de mètres cubes au lieu de 7 millions 500.000

mètres cubes, les livraisons totales ont augmenté de 1.500.000 mètres par an, parce que la consommation du gaz industriel a monté de 7.200.000 mètres cubes à 11.500.000 mètres cubes, par suite du grand nombre d'usines de guerre qui se sont installées depuis trois ans dans le vaste périmètre de l'agglomération lyonnaise.

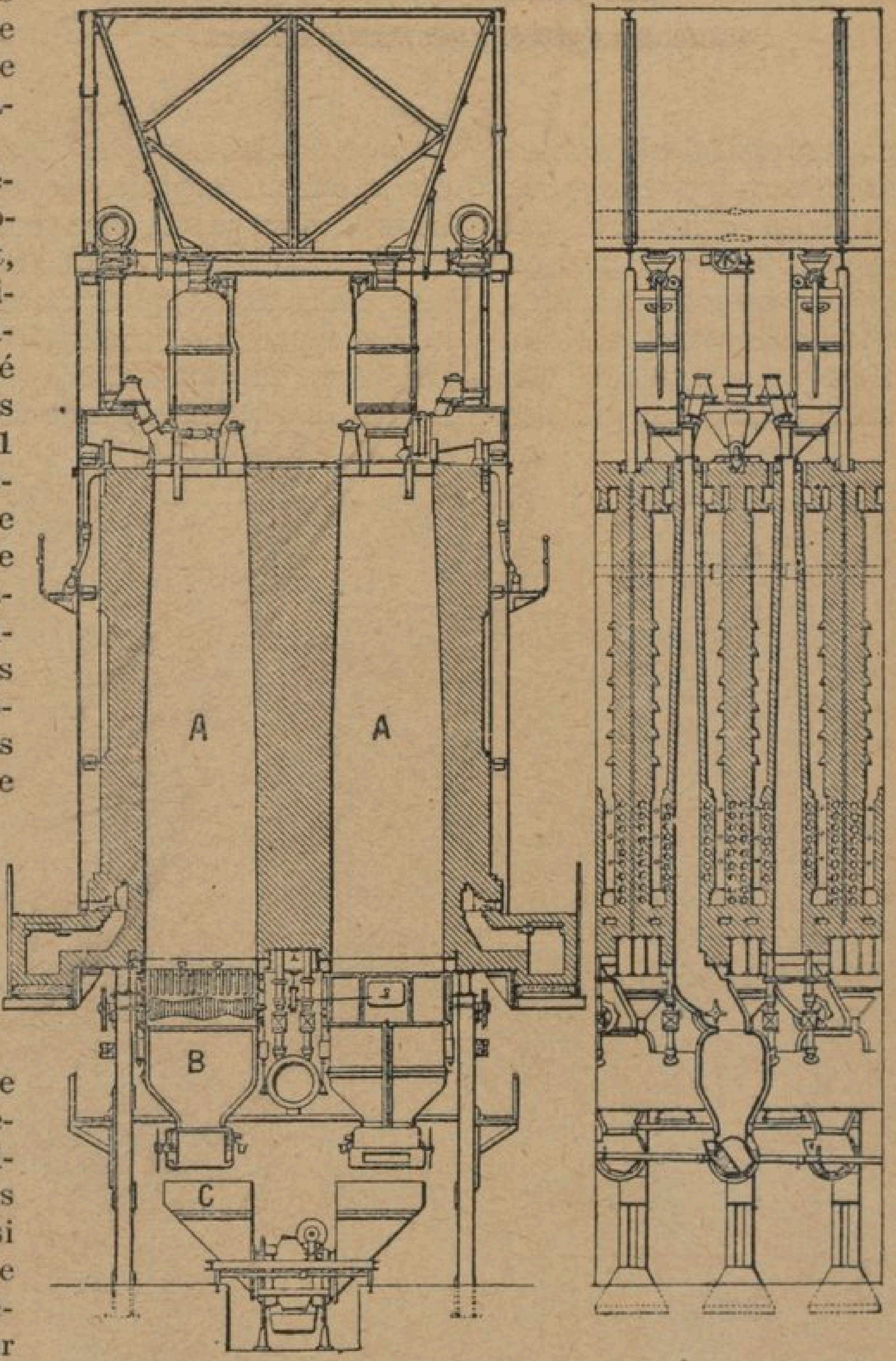
Le même phénomène s'est produit à Paris, et, en 1916, les livraisons des usines de la Société du Gaz de Paris ont atteint 391 millions de mètres cubes, ce qui représente une augmentation de 43 millions de mètres cubes par rapport à 1915. Les restrictions de l'éclairage public et de la consommation particulière ont amené, par rapport aux chiffres de 1913, une diminution s'élevant à 90 millions de mètres cubes, mais si l'on considère seulement l'émission de jour qui correspond plus spécialement au gaz industriel, on voit qu'elle a absorbé, en 1916, 221 millions de mètres cubes au lieu de 216 en 1913 et de 185 millions en 1915. Là aussi, les usines de guerre ont exercé leur influence.

La charge supplémentaire résultant de l'augmentation du prix des charbons a été, en 1915, pour la Société du Gaz de Paris, d'environ 23 millions pour une consommation de 1.141.187 tonnes. En 1916, l'augmentation de dépenses a été à peu près de 47 millions pour une consommation de 1.326.524 tonnes. On voit que si la taxation des frets et des houilles à la fin de mai 1916, par suite d'une entente entre la France et l'Angleterre, a été instituée en vue de mettre un frein à la hausse des cours, cette mesure n'a pas amélioré les possibilités de transport et n'a pas contribué à faire diminuer les prix.

En conformité de la loi du 29 novembre 1915, les usines à gaz françaises ont été mises en demeure d'extraire le benzol qui a été fourni, de même que les phénols et la naphtaline, au service des poudres pour la fabrication des explosifs. Les huiles lourdes ont également été très employées pour le chauffage des fours métallurgiques et pour l'alimentation de puissants moteurs à combustion interne.

Dans certaines usines, on a pu obtenir des cokes durs que le ministère des Travaux publics a fait livrer aux fonderies et à certains hauts fourneaux afin de remplacer les cokes métallurgiques que ne fournissent plus les cokeries spéciales annexées à quelques grandes mines du Nord et du Pas-de-Calais.

La guerre a surpris l'industrie du gaz dans un moment de complète transformation, et la plupart des grandes usines françaises étaient occupées, en 1914, à changer



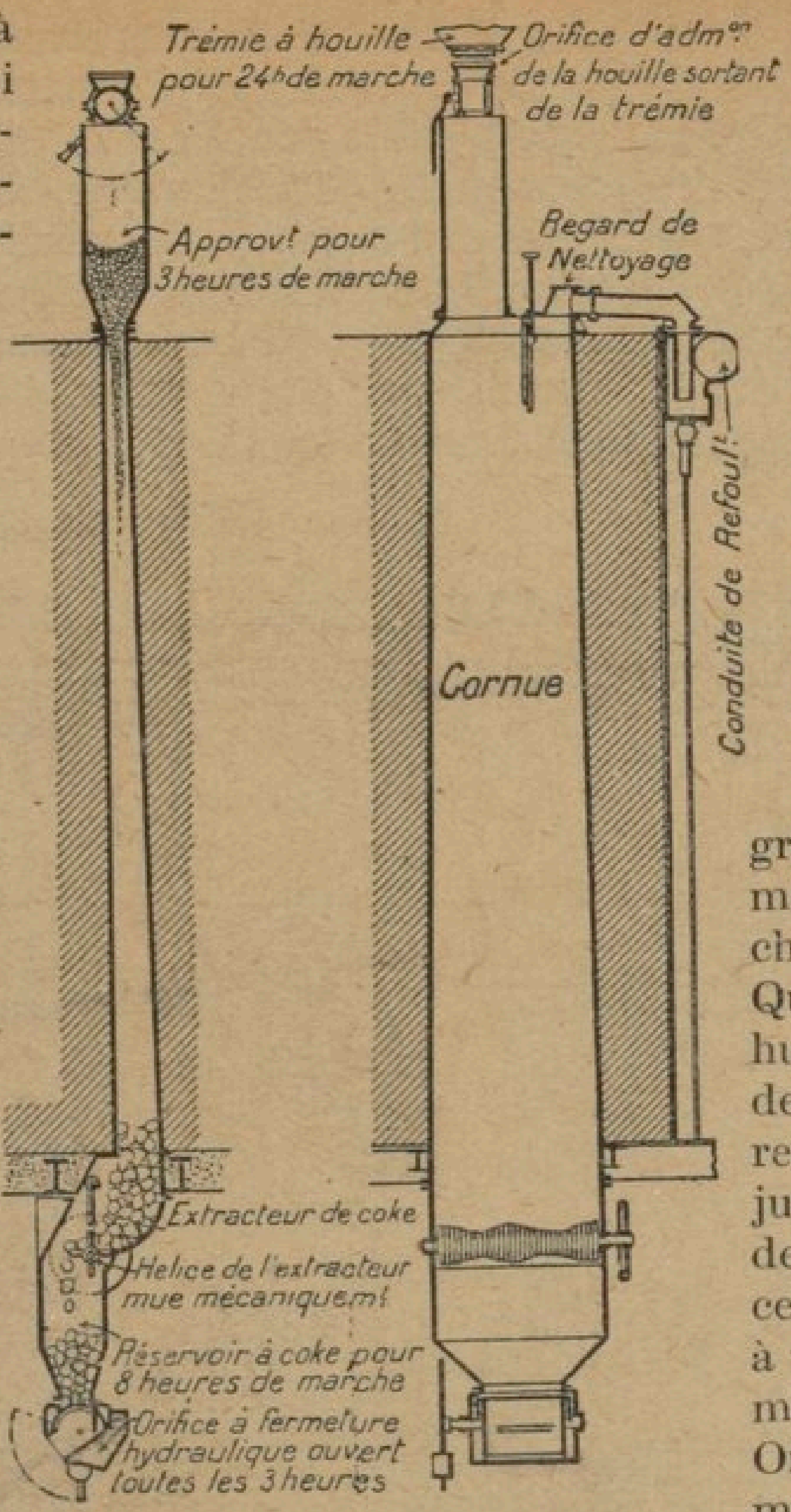
COUPE TRANSVERSALE ET COUPE LONGITUDINALE D'UN FOUR VERTICAL IMAGINÉ EN ANGLETERRE POUR LA DISTILLATION DE LA HOUILLE

Cet appareil de distillation, système Woodall-Duckham, comporte des cornues AA *surmontées de trémies de distribution de la houille. Le coke formé tombe dans des récipients* B *qui le déversent dans des trémies* C, *puis dans des wagonnets métalliques qui le conduisent aux aires d'extinction.*

leurs fours de distillation, à étudier le gaz à l'eau, et aussi à installer des centrales électriques pour se mettre en mesure de participer au développement rapide du nouveau mode d'éclairage.

La fabrication du gaz de houille comporte six phases, qui sont les suivantes : distillation en vase clos dans des cornues ; traitement des goudrons et des eaux ammoniacales ; épuration physique et chimique, mesurage, émission et distribution dans les villes.

On employait autrefois pour la distillation de la houille des fours à cornues horizontales. Ces appareils étant peu aptes à donner de grosses productions, même avec des cornues de 6 m. 40 de longueur passant environ une tonne de houille en deux heures, on a successivement employé des fours à cornues inclinées avec appareils de chargement et de déchargement automatiques, puis enfin des fours à cornues verticales. Actuellement, les cornues verticales à chargement et à déchargement continus, système Woodall-Duckham, sont très employées en Angleterre, grâce à leur production considérable. Tout en ne dépensant que 16 francs par jour et par mètre cube de gaz produit pour un appareil distillant 440 tonnes de houille par vingt-quatre heures, on réalise une économie de main-d'œuvre importante : la chaleur d'extinction du coke peut être utilisée pour fournir une certaine quantité de gaz à l'eau qui se mélange au gaz de houille.

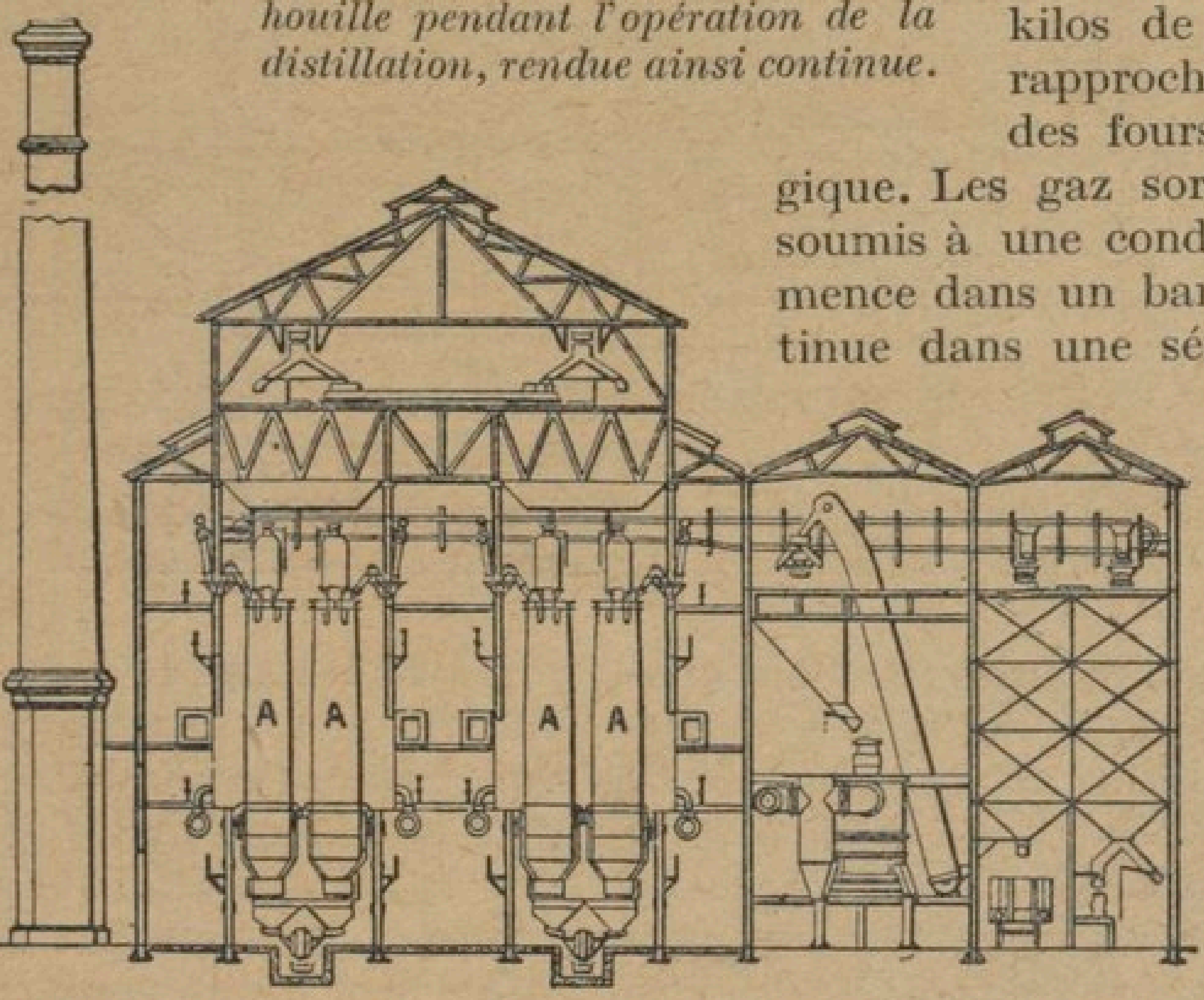


FOURS VERTICAUX DE L'USINE A GAZ DE LAUSANNE

Ces deux coupes montrent la marche constamment descendante de la houille pendant l'opération de la distillation, rendue ainsi continue.

En 1913, la Société du Gaz de Paris avait adopté un four à chambres, de grandes dimensions, qui est, en résumé, une sorte de four à coke appliqué à la production du gaz d'éclairage. Comme son nom l'indique, chaque four comporte trois chambres ressemblant à de grandes cornues inclinées ou mieux verticales, que l'on charge jusqu'au sommet. Quatre hommes travaillant huit heures par jour, en deux postes de quatre heures, suffisent pour produire jusqu'à 70.000 mètres cubes de gaz avec douze fours de ce modèle, ce qui correspond à une fabrication de 6.000 mètres cubes par appareil. On atteint ainsi un rendement de 360 mètres cubes par tonne, qui est encore dépassé par les fours dits à grandes chambres, traitant à la fois de 4.000 à 10.000 kilos de houille, et qui se rapprochent encore plus que des fours à coke métallurgique. Les gaz sortant du four sont soumis à une condensation qui commence dans un barillet et qui se continue dans une série d'appareils dénommés réfrigérants, condenseurs, jeux d'orgues, etc. L'eau et le goudron sont reçus dans des citernes où ils se superposent par simple densité et d'où on les extrait au moyen de pompes pour les envoyer dans divers appareils de traitement.

Les eaux de condensation,



COUPE D'UNE USINE A GAZ MODERNE

Cette installation a été montée à Londres pour le compte de la Tottenham District Light Heat and Power Co. par la Société Woodall-Duckham. Elle comporte, notamment, de puissants fours de distillation à cornues verticales et à déchargement automatique du coke A, A, A, A.

distillées sur place, ne donnent qu'une faible quantité de produits utilisables.

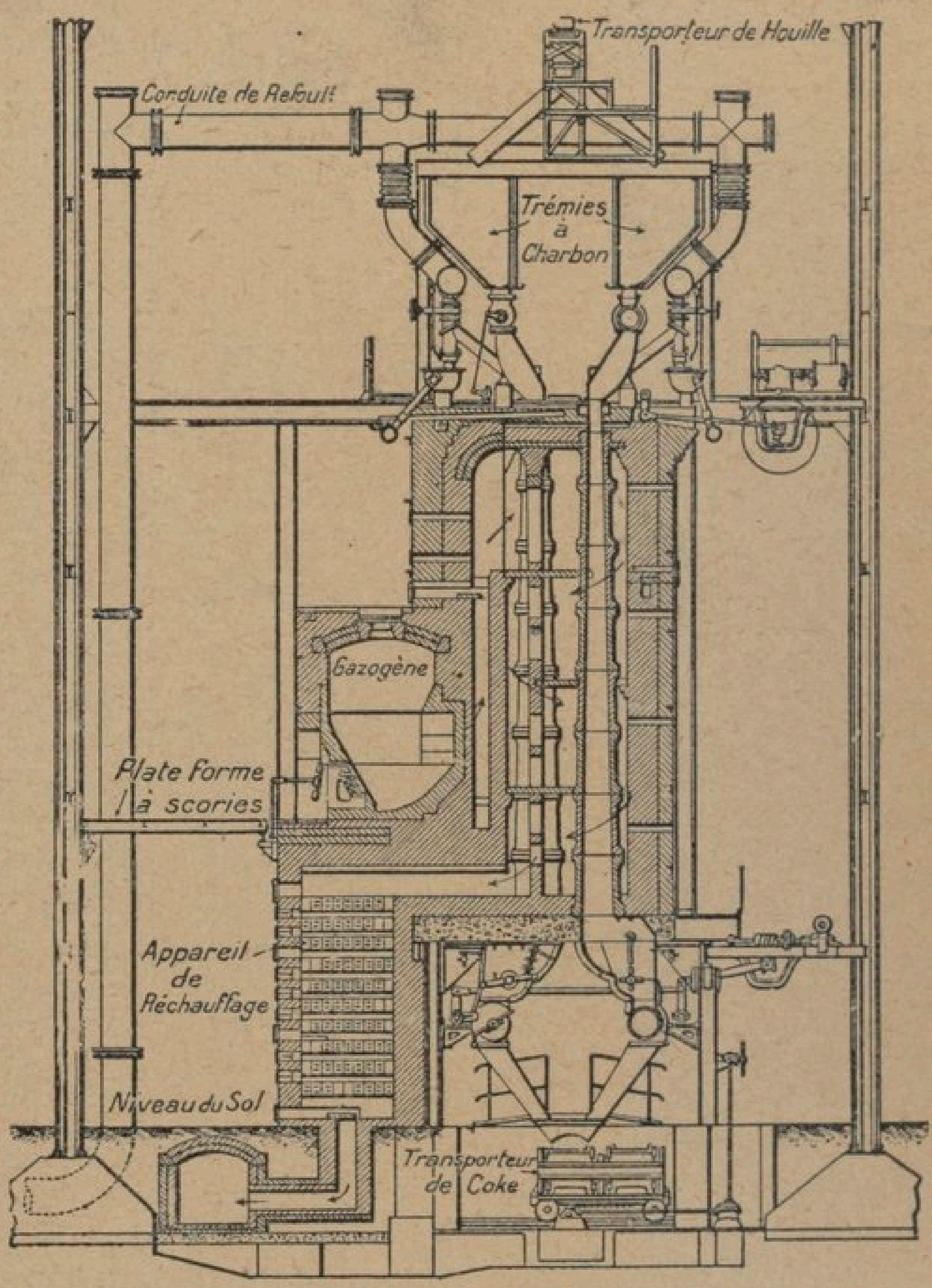
Selon la nature des charbons employés, on retire, par 100 kilogrammes de houille distillée, 6 à 8 kilogrammes d'eau ammoniacale et de sels ammoniacaux, ainsi que 4 à 5 kilogrammes de goudron. Les eaux ammoniacales, traitées par la chaux en présence de l'acide sulfurique, sont transformées en sulfate d'ammoniaque, en alcali volatil et en autres sels ammoniacaux, que l'on vend dans l'industrie tels que le carbonate et le sulfhydrate. Le sulfate d'ammoniaque contenant environ 20 % d'azote était vendu avant la guerre de 35 à 38 francs le sac de 100 kilos brut, par chargements complets. Les agriculteurs utilisaient ce sel comme engrais, avec autant de profit que le nitrate de soude ou la cianamide.

En général, les eaux ammoniacales provenant des condenseurs et des laveurs, contiennent la presque totalité de l'ammoniaque du gaz. On les traite dans des colonnes de distillation d'où il s'échappe des vapeurs ammoniacales et de la vapeur d'eau auxquelles on fait traverser un bain d'acide sulfurique étendu pour les transformer en sulfate d'ammoniaque. La Société du Gaz de Paris a installé à son usine du Landy, près de Saint-Denis, un atelier perfectionné pour le traitement des eaux résiduaires fournies par les fours de distillation de cette usine, ainsi que de ceux qui sont en cours de montage dans les nouveaux ateliers de distillation du Cornillon, également situés près de St-Denis.

Le goudron, d'où l'on retire des sous-produits très intéressants, subit la distillation fractionnée dans des alambics cylindriques, verticaux ou horizontaux. Ainsi s'obtiennent divers sous-produits tels que : l'anthracène, le brai, l'huile lourde créosotée, la benzine, le phénol, la naphtaline, l'alcool méthylique, l'acétone, la créosote.

Dans des alambics verticaux, d'une capacité de 20 à 30 tonnes, la distillation dure de trente-cinq à quarante heures, avec ou sans arrêt pour le refroidissement des appareils. Nous avons cité plus haut quelques-uns des principaux sous-produits du goudron de houille ; la liste complète comprendrait environ 450 corps bien définis.

Une tonne de goudron distillée fournit 60 kilos d'eau ammoniacale, 20 kilos de benzine brute, 370 kilos d'huiles diverses et 500 kilos de brai. L'opération donne lieu à 50 kilogrammes de perte sous forme de gaz ou de coke. Actuellement, on s'attache surtout à retirer les benzols qu'on livre aux poudreries pour la fabrication des explosifs, et qui servent également comme carburant dans beaucoup de moteurs d'automobiles.



COUPE TRANSVERSALE D'UNE INSTALLATION DE FOURS A CORNUES VERTICALES

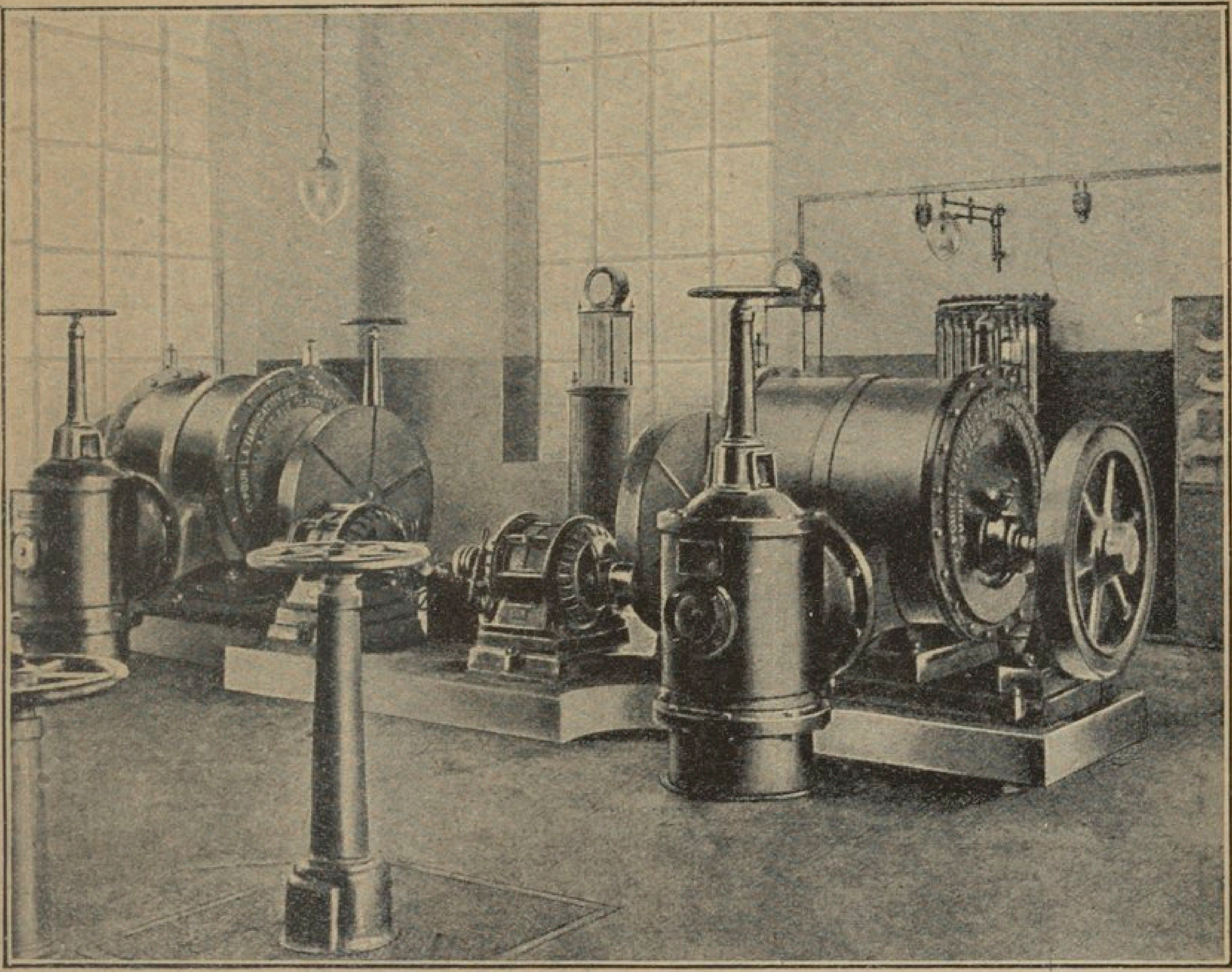
Ces fours, du système Duckham et Cloudsley, fonctionnent notamment à l'usine municipale de Lausanne.

Le brai comprend diverses variétés, suivant qu'il est liquide, gras, demi-gras, sec ou très sec. On emploie ces diverses qualités dans la fabrication des agglomérés de houille, des toiles et cartons bitumés, du noir de fumée et d'autres produits industriels.

Au sortir des cornues ou chambres de distillation, le gaz est introduit dans le barillet où commence son épuration physique. Ces barillets, à moitié remplis d'eau, sont placés au-dessus des fours et reliés par un collecteur aux réfrigérants, aux condenseurs à jeu d'orgues ou aux condenseurs à colonnes.

Pour obtenir une bonne condensation, on emploie des condenseurs à air et à eau, qui consistent en des séries de tubes ou de serpentins, généralement arrosés d'eau, au sortir desquels le gaz se débarrasse des vapeurs et des goudrons qu'il contient encore en traversant des condensateurs à choc, système Pelouze et Audouin. Dans ces appareils, le gaz bute sur des plaques de tôle perforées, à orifices contrariés, aménagées dans une cloche métallique où le goudron se sépare mécaniquement du gaz.

Le gaz ayant subi l'épuration physique contient encore de l'acide carbonique, de l'hydrogène sulfuré, de l'azote et de l'ammoniaque, dont il faut le débarrasser par une épuration chimique. On lui fait traverser à cet effet une couche d'oxyde naturel ou de sulfate de fer. La matière épuratrice sert une dizaine de fois, et contient alors 50 % de soufre, ainsi que 5 % de ferro-cyanure de fer ou bleu de Prusse. Au contact de l'oxygène de l'air, le sulfure de fer s'oxyde pour redonner du sulfate, puis du peroxyde de fer.



EXTRACTEURS BEALE ACTIONNÉS PAR DES MOTEURS ÉLECTRIQUES
L'installation que représente cette photographie fonctionne à Rome, dans l'usine à gaz de San Paulo.

Les vapeurs ont pour but de purifier le gaz de l'ammoniaque et de la naphtaline qu'il contient. Le lavage a lieu dans des colonnes à coke, ou scrubbers, en fonte, parcourues de haut en bas par un courant d'eau, à raison de 5 litres par 100 mètres cubes de gaz lavé. Les scrubbers les plus employés sont ceux de Chevalet, de Kirkham ou encore les laveurs centrifuges Standard, que l'on combine souvent, dans les grandes usines, avec des laveurs à naphtaline ou à cyanure.

Au lieu d'envoyer le gaz directement dans les gazomètres, on remédie aux frottements qu'il subit dans les canalisations de l'usine et dans les appareils d'épuration, au moyen d'extracteurs rotatifs Beale placés entre le barillet et le condenseur, ou bien après ce dernier appareil. On peut placer un extracteur à jet de vapeur entre les scrubbers et les cuves d'épuration. On emploie également des régulateurs qui remédient aux dépressions trop fortes qui pourraient avoir lieu

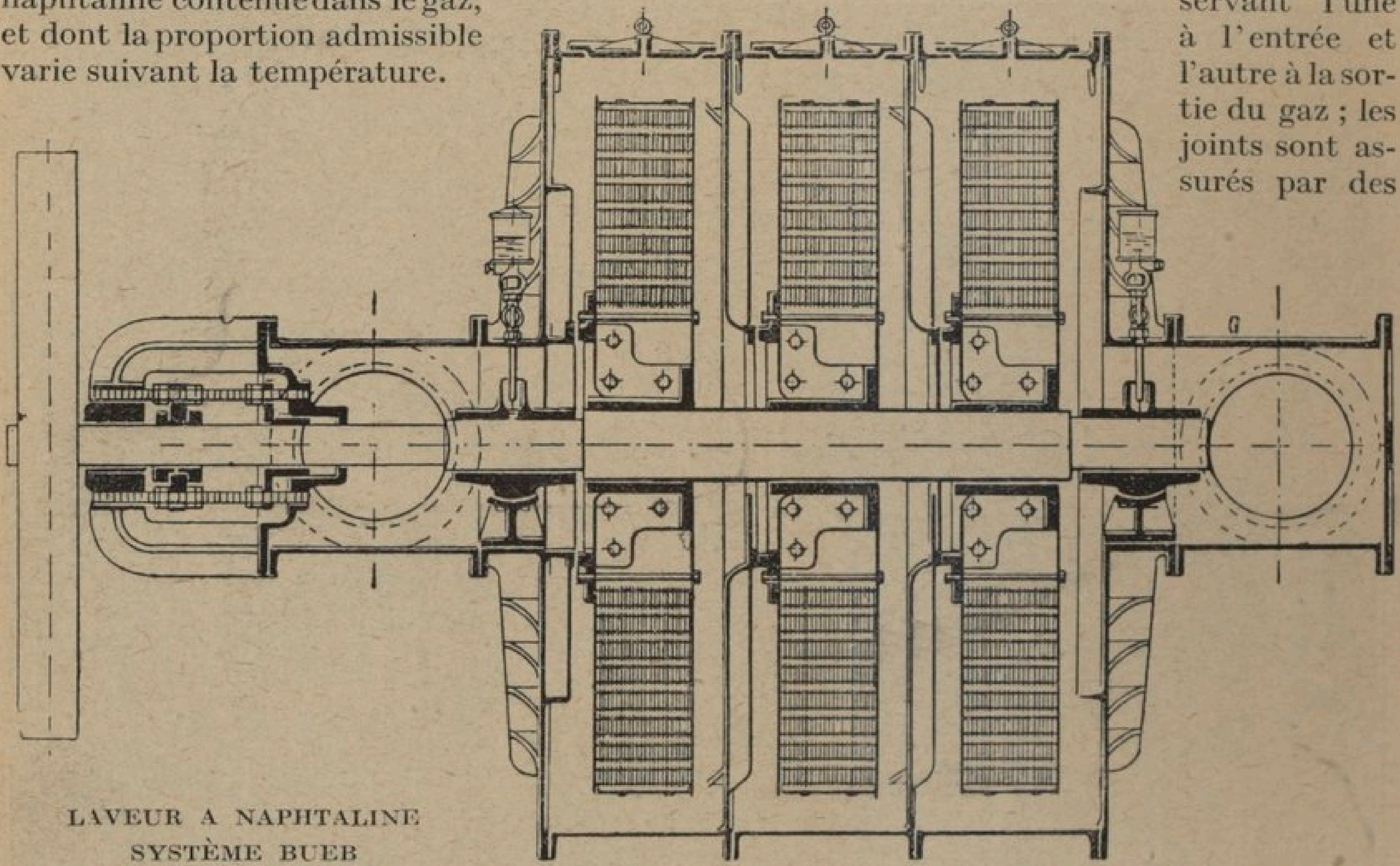
dans les cornues. On évite ainsi les rentrées d'air dans le cas où un extracteur cesserait de fonctionner normalement. Les régulateurs des grandes usines sont souvent complétés par des valves à clapets automatiques.

Pendant la fabrication du gaz, il faut surveiller constamment la proportion de naphtaline qu'il contient au sortir des condensateurs. L'appareil créé par M. Emile Sainte-Claire-Deville, dénommé *piège à naphtaline*, permet d'effectuer un dosage continu de la naphtaline contenue dans le gaz, et dont la proportion admissible varie suivant la température.

situés à la partie inférieure et émergent très peu au-dessus de la surface de l'eau contenue dans la cuve cylindrique inférieure

Les gazomètres télescopiques se composent de cloches cylindriques qui s'emboîtent l'une dans l'autre pendant le remplissage ; des joints hydrauliques assurent l'étanchéité complète des emboîtements circulaires pendant les levées successives.

Enfin, les gazomètres système Pauwels sont munis de deux genouillères articulées servant l'une à l'entrée et l'autre à la sortie du gaz ; les joints sont assurés par des



LAVEUR A NAPHTALINE SYSTÈME BUEB

On remplit d'huile d'anthracène trois compartiments d'un laveur Standard et on laisse le gaz parcourir ces compartiments jusqu'à ce que l'huile qui se trouve dans celui par lequel s'effectue l'entrée du gaz soit saturée de naphtaline.

Avant d'être distribué aux consommateurs, le gaz traverse des compteurs-mesureurs de fabrication, munis d'enregistreurs qui permettent de contrôler constamment le rendement de la houille traitée, ainsi que la marche des fours. Les compteurs de fabrication, qui doivent pouvoir mesurer exactement jusqu'à 100.000 mètres cubes de gaz d'éclairage par vingt-quatre heures, sont généralement munis de volants simples ou doubles fixés sur un arbre horizontal.

Le gaz fabriqué est emmagasiné dans des gazomètres qui se composent de deux parties distinctes : la cuve et la cloche mobile.

Il existe trois genres principaux de gazomètres. Les appareils suspendus sont de grandes cloches plongeant dans l'eau des cuves et ayant de 35 à 50 mètres de diamètre ; leurs orifices d'entrée et de sortie de gaz sont

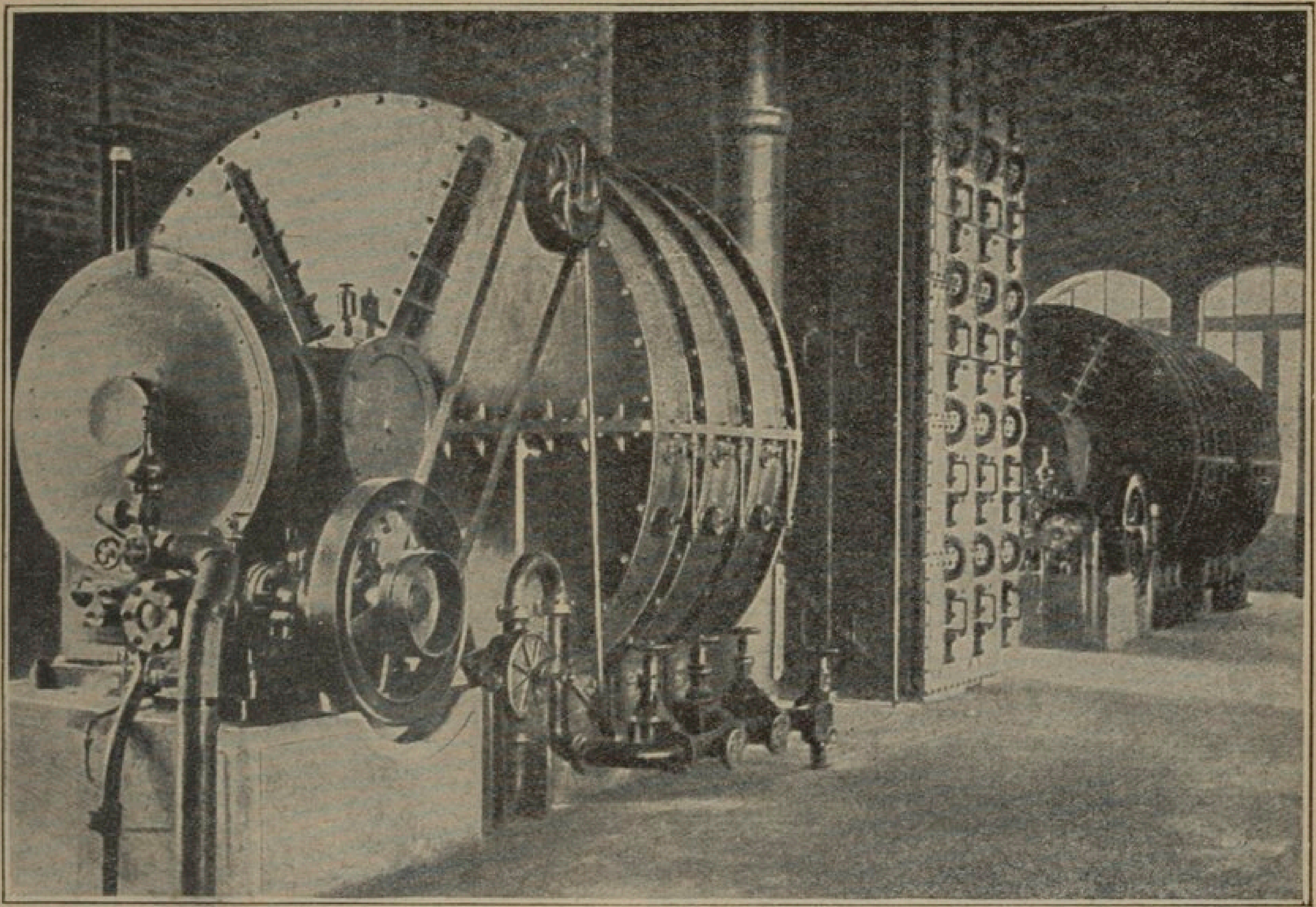
presse-étoupe ordinaires. Ces gazomètres sont très répandus dans les usines de moyenne importance, car on ne doit les visiter que rarement, étant donné qu'ils ne donnent pas lieu aux condensations et aux obstructions qui se produisent souvent dans les canalisations souterraines des autres gazomètres.

Les réservoirs à gaz de tous les systèmes employés comportent des valves, des trous d'homme, des regards de visite et des siphons, ainsi que de vastes cuvettes placées à la base des organes importants et, notamment, des siphons, afin de recueillir les produits condensés que l'on expulse ensuite au dehors au moyen de pompes électriques.

La sortie du gaz de l'usine s'effectue au moyen de régulateurs placés auprès des gazomètres, sur la conduite générale de distribution, de manière à maintenir une

pression constante dans les canalisations, même très étendues, d'une ville, à toute heure de la journée et en toute saison.

On régularise l'émission au moyen de l'appareil Clegg, qui comporte une cloche posée dans une cuve pleine d'eau et qui émerge plus ou moins suivant la pression désirée. Il existe un certain nombre de variétés de régulateurs dits à un cône, à deux cônes, à simple ou à double effet, à came d'amplitude donnée, amplitude qui est fonction de la position qu'occupe la soupape. L'une des cames sert à compenser les pertes de charge des canalisations de la distribution ; l'autre came pare aux surcharges éventuelles qui se produisent quand, le soir notamment, on allume à la fois un grand nombre de becs. Pour que cet appareil régulateur fonctionne bien, il faut le compléter par un unificateur de pression.



INSTALLATION COMPORTANT UN LAVEUR A NAPHTALINE, DES LAVEURS COMBINÉS A AMMONIAQUE ET UN CONDENSEUR A EAU

Ces appareils, étudiés par la Compagnie pour la fabrication des compteurs et matériel d'usines à gaz, fonctionnent dans l'usine de la Compagnie du Gaz, à Milan-Bovisa.

soupape équilibrée avec surcharge automatique, ou bien encore à tube de retour.

Les régulateurs construits par la Compagnie de fabrication des compteurs comportent un principe de surcharge automatique à cames. Au sommet de la tige centrale graduée est montée une poulie à gorge sur laquelle s'enroule un câble d'acier fixé à la cloche, dont il suit les mouvements de montée et de descente. A chaque extrémité d'un arbre sont clavetées deux cames à profil parabolique excentrées et à gorges qui reçoivent, au moyen de câbles à torsion, des poids de différentes valeurs, suivant la pression que l'on veut obtenir avec une

Nous n'entrerons pas dans le détail d'installation des canalisations de ville ni dans la description de tous les appareils qui servent à vérifier la qualité du gaz au point de vue de son application à l'éclairage et au chauffage, — cela nous entraînerait trop loin.

Les procédés que nous venons de décrire s'appliquent exclusivement à la fabrication du gaz de houille ordinaire, telle qu'elle est encore pratiquée en France par un très grand nombre d'usines de province.

Comme nous l'avons signalé plus haut, parmi les innovations à l'étude au moment où a éclaté la guerre figurait la fabrication du gaz à l'eau, très répandue à l'étranger.

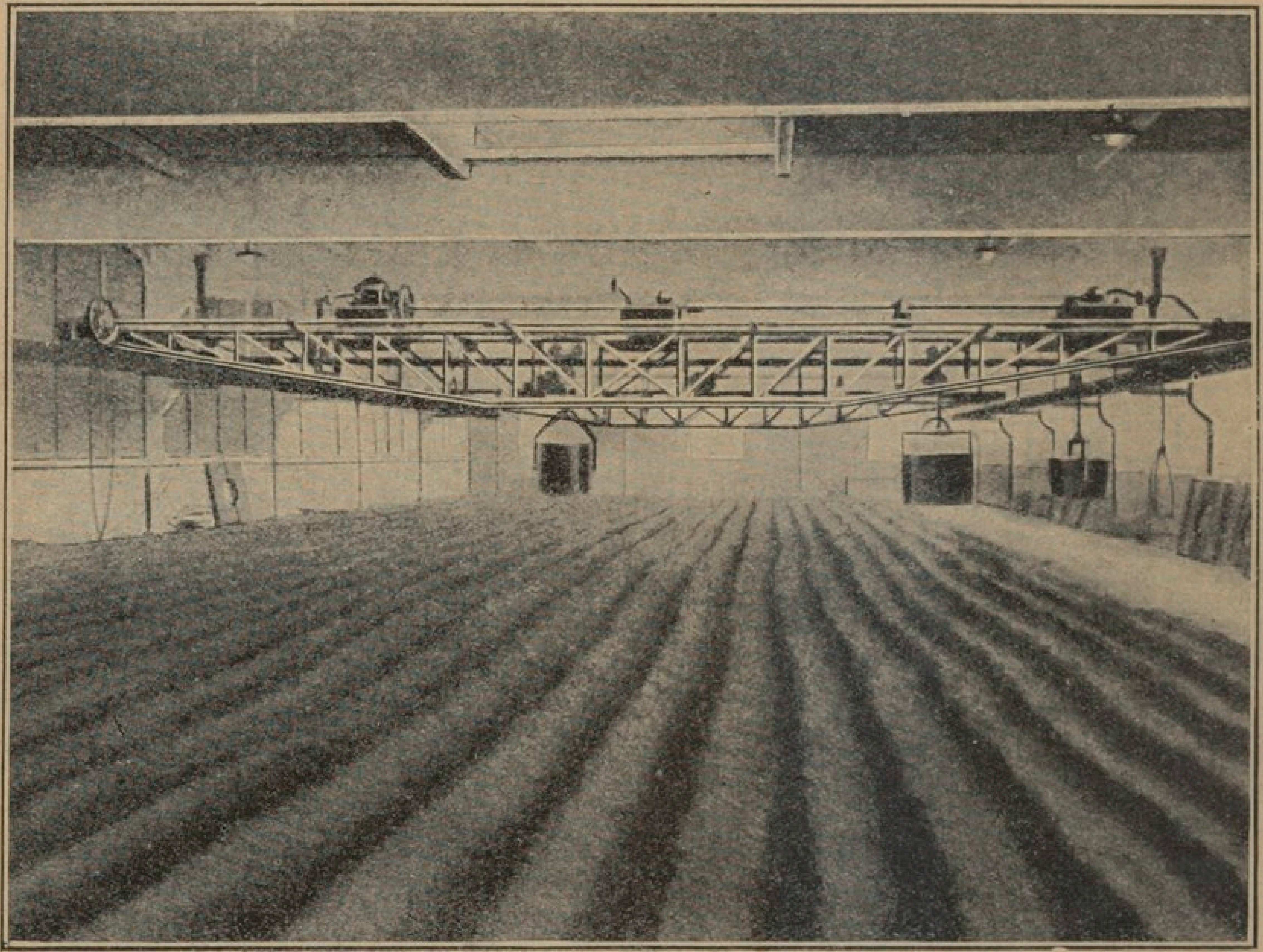
Cette question a provoqué en France des discussions prolongées, dans certains milieux, à cause de la quantité d'oxyde de carbone contenue dans le gaz à l'eau pur, qui est, en moyenne, de 40 % dans la pratique, au lieu de 50 % qu'indique la théorie.

Disons dès à présent que le gaz à l'eau se fabrique en faisant traverser par un courant de vapeur une masse de combustible incandescent brûlant dans un gazogène.

Il semble aujourd'hui admis, à la suite de nombreuses études poursuivies tant en France qu'à l'étranger, qu'il n'y aurait aucun danger à introduire 8 % à 15 % de gaz à l'eau dans le gaz de houille ordinaire. On atteindrait ainsi un pouvoir calorifique d'environ 4.625 à 4.750 calories, alors que la puissance imposée par les cahiers des charges des municipalités françaises est de 4.700 calories au minimum. Afin de se tenir au-dessus de ces exigences, on a proposé une teneur en gaz à l'eau de 8 %, qui permettrait d'obtenir un gaz ayant un pouvoir calorifique de 4.800 calories et qui ne présenterait, par conséquent, aucun danger.

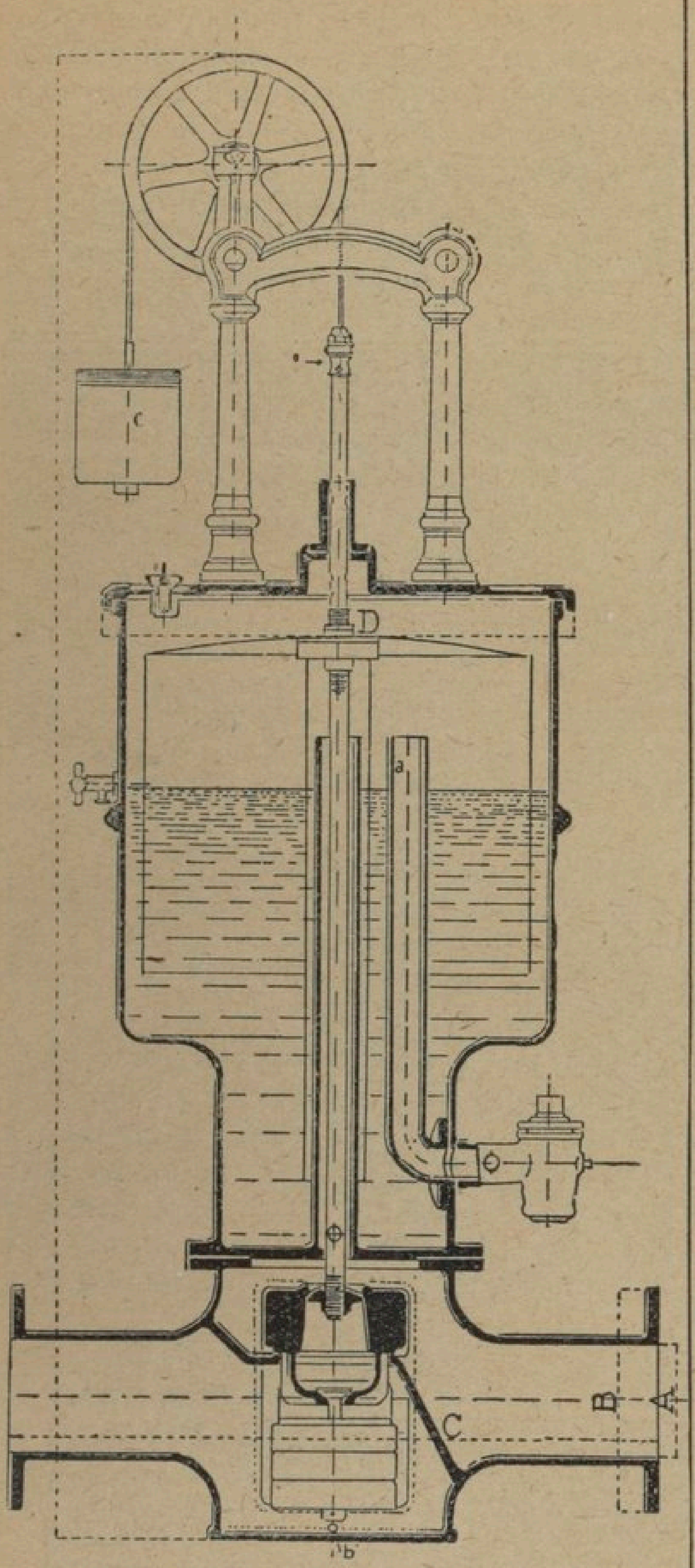
Le gaz à l'eau pur a un pouvoir éclairant très faible, et il ne peut être employé que pour porter à l'incandescence des manchons de zircone. En introduisant 8 % de gaz à l'eau dans le gaz de houille, on diminue donc un peu son pouvoir éclairant et la proportion d'oxyde de carbone contenue dans le mélange est inférieure à 11 %. Or, toutes les commissions d'hygiène ont admis comme possible une proportion de 10 % et même de 15 %. Pour la Ville de Paris, le chiffre imposé est de 9 %, et cette question importante n'a pas encore été tranchée dans le sens de la demande de la Société du Gaz. Répétons qu'un gaz d'éclairage contenant 92 % de gaz de houille et 8 % de gaz à l'eau n'offre pas un danger d'explosion sensiblement supérieur à celui du gaz de houille ordinaire employé pur.

Si l'on dépassait la proportion de 10 % de gaz à l'eau dans un mélange destiné à



INSTALLATION DE SALLES DE REVIVIFICATION DE LA MATIÈRE ÉPURANTE, SITUÉES AU-DESSUS DES SALLES D'ÉPURATION DU GAZ

Les bennes sont manœuvrées par un pont roulant. Après revivification, la matière est versée dans un fourreau en toile et répartie de cette manière à la surface de l'épurateur.



COUPE D'UN RÉGULATEUR DE RETOUR A DOUBLE EFFET

On monte l'appareil sur une conduite A *au moyen de brides* B. *La cloche, équilibrée par des contrepoids, se meut dans une cuve remplie d'eau. La pression d'aspiration est transmise sous la cloche par le tube* a *; la soupape, vissée à l'extrémité inférieure de la tige centrale* D, *livre passage à du gaz de retour passant par la valve* C *quand un vide exagéré se produit dans la conduite d'aspiration par suite d'une vitesse trop grande de l'extracteur. Ce genre d'appareil est construit dans les ateliers de la Société pour la construction des Compteurs et du Matéri.l d'usines à gaz, qui s'en est fait une spécialité en France.*

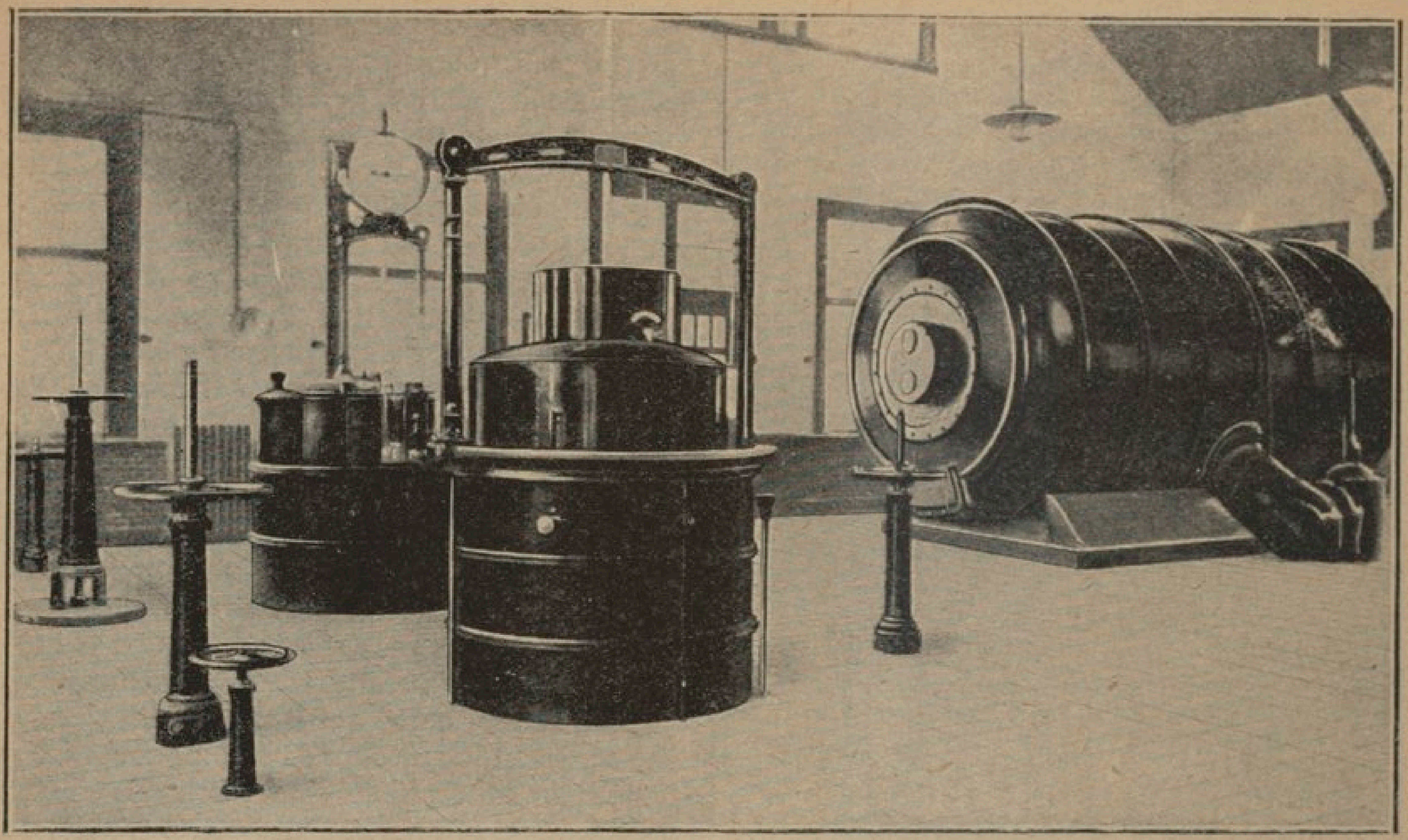
l'éclairage ou au chauffage, il faudrait augmenter le pouvoir calorifique en carburant le gaz au benzol ou à l'huile de naphte. La carburation au benzol s'obtient très facilement en faisant tomber ce liquide dans un appareil chauffé où il s'incorpore directement au gaz à l'eau après s'y être volatilisé.

On emploie deux catégories d'appareils différents, suivant que l'on veut produire du gaz à l'eau directement carburé ou du gaz à l'eau pur carburé par un traitement ultérieur. Dans ce dernier cas, on emploie principalement les appareils Dellwick-Fleischer ou Vigreux, tandis que les installations système Humphrey et Glasgow sont surtout employées pour la fabrication du gaz à l'eau pur, principalement à l'étranger.

Quand on fait passer à travers une couche de combustible incandescent un courant de vapeur d'eau, cette dernière se décompose : son hydrogène reste en liberté et se mélange à l'oxyde de carbone que l'oxygène dégagé forme avec le carbone du combustible. Le mélange intime de l'hydrogène et de l'oxyde de carbone constitue le gaz à l'eau, qui contient, en outre, 2 à 6 % d'acide carbonique, 0,5 à 1,5 de méthane et 3 à 5 % d'azote. Quand la vapeur d'eau traverse le coke incandescent, elle tend à éteindre ce dernier ; c'est pourquoi les appareils ont une marche intermittente, puisqu'il faut suspendre périodiquement l'arrivée de vapeur fraîche pour ramener le combustible à l'incandescence par un soufflage d'air intermittent.

Le système Dellwick-Fleischer comporte un gazogène à cuve dans lequel on introduit du coke sur une hauteur de un à deux mètres, suivant la grandeur de l'appareil, au moyen de deux trémies de chargement. Le gaz produit est évacué par deux tubulures placées, l'une à la partie supérieure, l'autre à la partie inférieure de la cuve. L'air, soufflé par un ventilateur, pénètre sous la grille qui supporte le combustible et la vapeur d'eau est également distribuée sous le coke incandescent par une tubulure spéciale. La période de soufflage dure environ deux minutes, et celle d'injection de vapeur se prolonge pendant huit minutes. Le gaz produit passe dans des scrubbers, où il subit l'épuration physique. L'installation comporte, en outre, un réservoir régulateur de pression, un compteur de fabrication, et des chaudières produisant la vapeur d'injection à la pression suffisante.

En employant un bon coke sec, contenant moins de 10 % de cendres, et concassé en morceaux de la grosseur du poing, on obtient pratiquement 2.300 litres de gaz à l'eau par

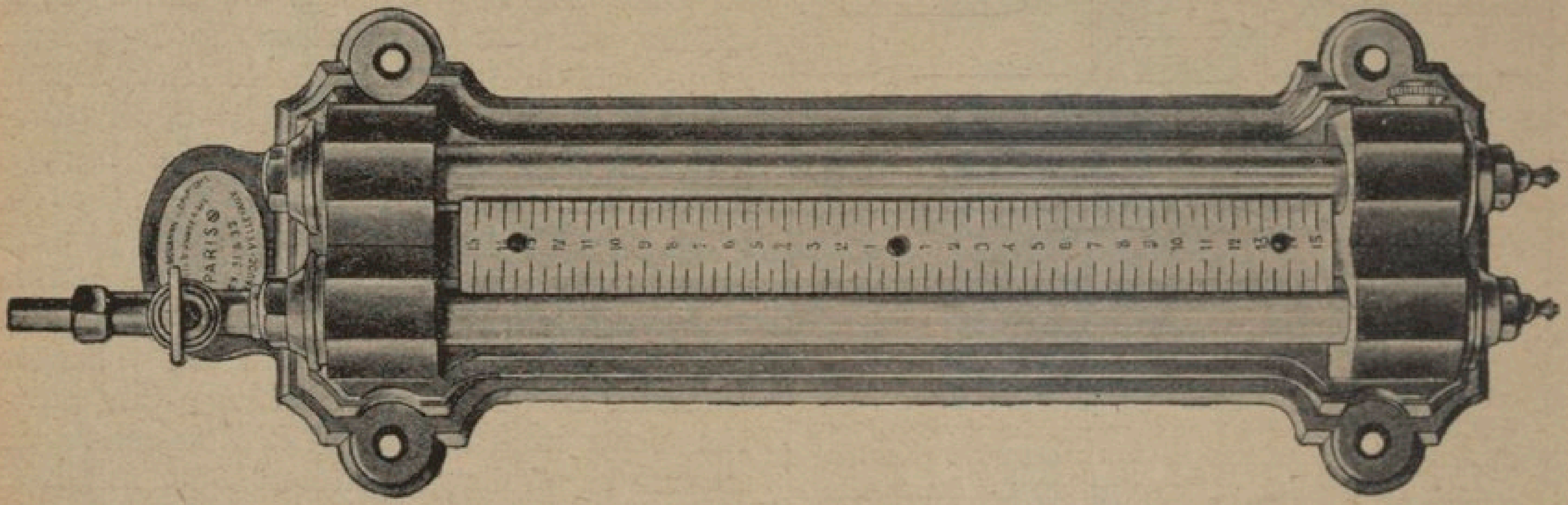


INSTALLATION D'UN RÉGULATEUR ET D'UN UNIFICATEUR A DOUBLE EFFET

Ces appareils servent à maintenir automatiquement, à la sortie des gazomètres, une pression constante du gaz écoulé quelles que soient les variations de pression à l'intérieur de l'usine et les variations de débit extérieures. L'unificateur de pression maintient la pression constante à l'entrée du régulateur d'émission.

kilogramme de combustible dans des conditions de fabrication parfaitement régulières.

L'un des principaux intérêts du gaz à l'eau est son bas prix de revient qui ne ressortait avant la guerre qu'à 3 fr. 50 pour 100 mètres cubes, alors que le même volume de gaz de houille coûtait 9 fr. 50. En mélangeant 8 % de gaz à l'eau dans le gaz distribué à Paris, on aurait effectué une économie totale très supérieure à 2 millions, bien que par mètre cube le gain réalisé soit à peine de 5 millimes par mètre cube. Enfin, les usines marchant au gaz à l'eau ne sont plus embarrassées par d'énormes stocks de coke, et leur approvisionnement en combustible est beaucoup plus facile. Ainsi s'expliquent les demandes formulées par la plupart des sociétés gazières qui voudraient être autorisées tout au moins à distribuer du gaz mixte, afin d'améliorer leur prix de revient et de diminuer les embarras de leur fabrication. Cependant les circonstances actuelles ne permettent pas d'envisager une reprise complète de l'industrie gazière dans les conditions d'avant-guerre.



MANOMÈTRE D'USINE A GAZ (CETTE FIGURE DOIT ÊTRE VUE VERTICALEMENT)

Avec cet appareil, on peut mesurer des pressions atteignant un mètre d'eau.

CHARLES DE SUCY.

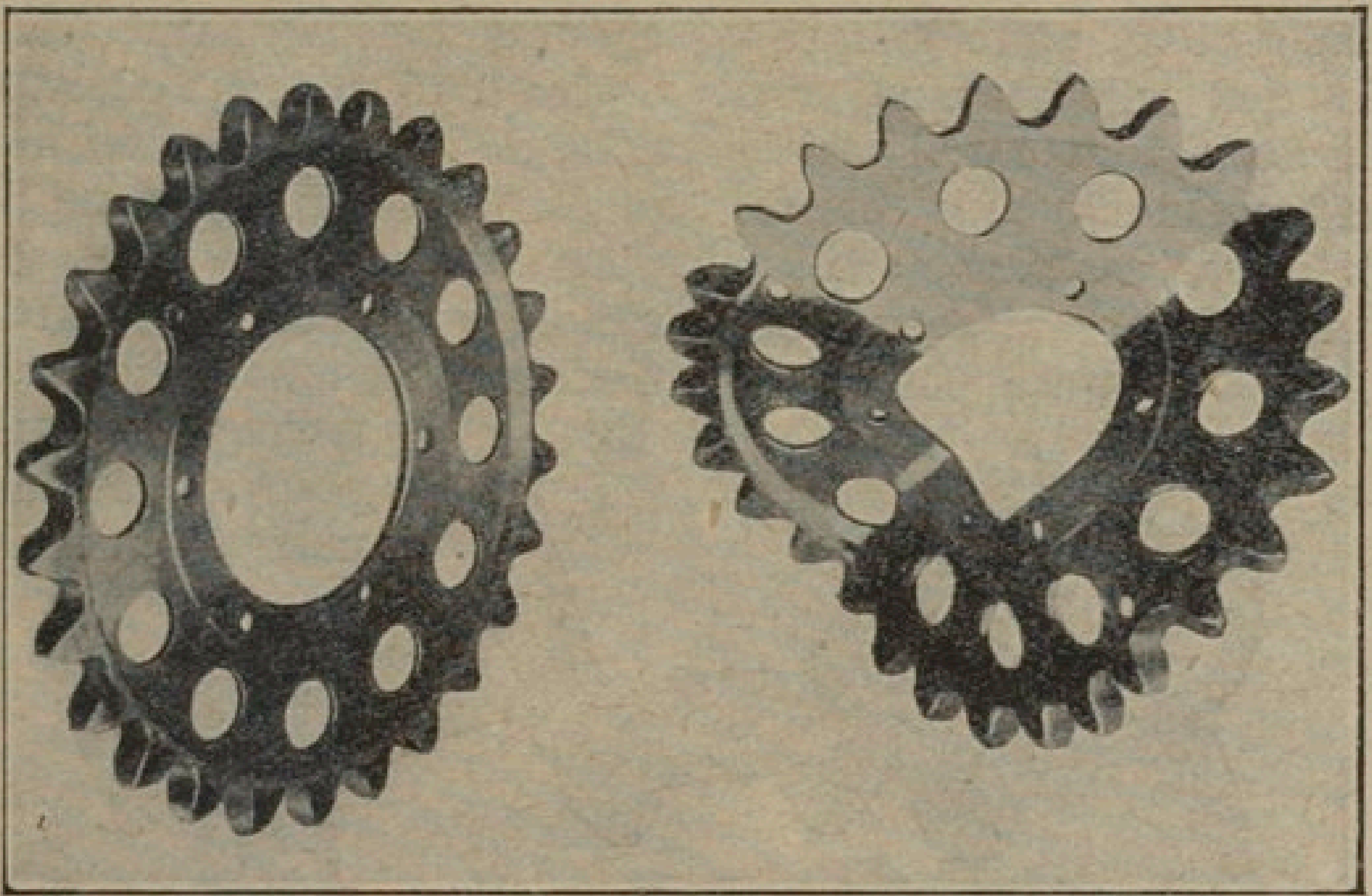
LA QUALITÉ DE L'ACIER AMÉLIORÉE PAR L'INCORPORATION DE DIVERS MÉTAUX SPÉCIAUX

Par Gustave COURTELIN

ANCIEN MAITRE DE FORGES

Bien que la fabrication des aciers fins ordinaires au carbone obtenus, soit au four Martin, soit au creuset, ait fait, depuis dix ans, de grands progrès, les besoins de la mécanique moderne, automobiles, avions, outillage, artillerie, ont rendu nécessaire la recherche de métaux offrant des qualités d'homogénéité et de résistance particulières.

Les aciers qui répondent aux exigences de c s industries ont reçu la dénomination générale d'aciers spéciaux. Ce sont en réalité des aciers au carbone auxquels on ajoute intentionnellement divers autres éléments dont les plus employés sont le nickel, le manganèse, le chrome, le tungstène, le molybdène, le vanadium, le silicium et bien d'autres métaux.



ROUE DENTÉE EN ACIER AU NICKEL A 5 0/0, AVANT ET APRÈS ESSAI

L'épreuve a consisté à soumettre la roue à une déformation au moyen d'une presse hydraulique. Le métal a supporté l'essai sans crique ni déchirure.

D'une manière générale, un acier spécial est dit binaire quand il contient un seul élément spécial en outre du carbone ; il est dit ternaire quand il en contient deux, etc.

Les aciers au nickel, avec ou sans addition de chrome, ont été les premiers aciers spéciaux dont l'emploi se soit généralisé pour les applications énumérées plus haut.

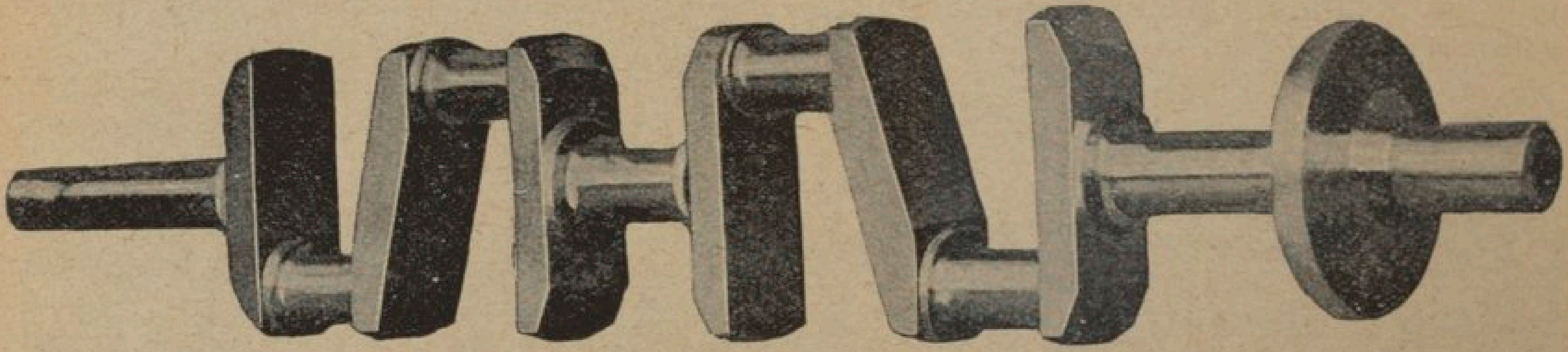
La quantité de nickel que l'on ajoute à un acier au carbone varie de 1,5 à 25 %. Pour les aciers au nickel de la première catégorie dont la teneur varie de 3 à 6 %, de même que pour les aciers au nickel-chrome, les propriétés particulières se manifestent après un traitement spécial comportant une trempe et un recuit effectués sur les pièces ébauchées. On régularise ainsi la trempe plus facilement qu'en opérant sur les métaux bruts et on évite les déformations que le traitement pourrait occasionner sur des pièces entièrement finies. Après trempe et recuit ces aciers présentent une résistance de 100 kg. et plus par millimètre carré, tout en conservant la majeure partie de l'allongement qu'ils avaient à l'état naturel, avec une contraction fortement accusée. Enfin le traitement rend le métal très homogène et entièrement nerveux sans qu'il subsiste aucune trace nuisible de grain cristallin.

L'emploi d'un tel métal pour des pièces forgées comme les vilebrequins, essieux, manivelles, arbres, tiges de pistons procure une économie qui peut atteindre de 20 à 25 % grâce à sa résistance élevée aux efforts de toute nature en service continu.

Si l'on diminue la teneur en nickel jusqu'à 1,5 2 % on obtient un acier très analogue à l'acier de cémentation au carbone. On utilisera ce métal soit après trempe à l'eau ou à l'huile, soit à l'état naturel. On réalise les meilleurs résultats en le cémentant dans

des boîtes avec du carbone pulvérulent et en effectuant directement à leur sortie des boîtes la trempe des pièces ainsi traitées.

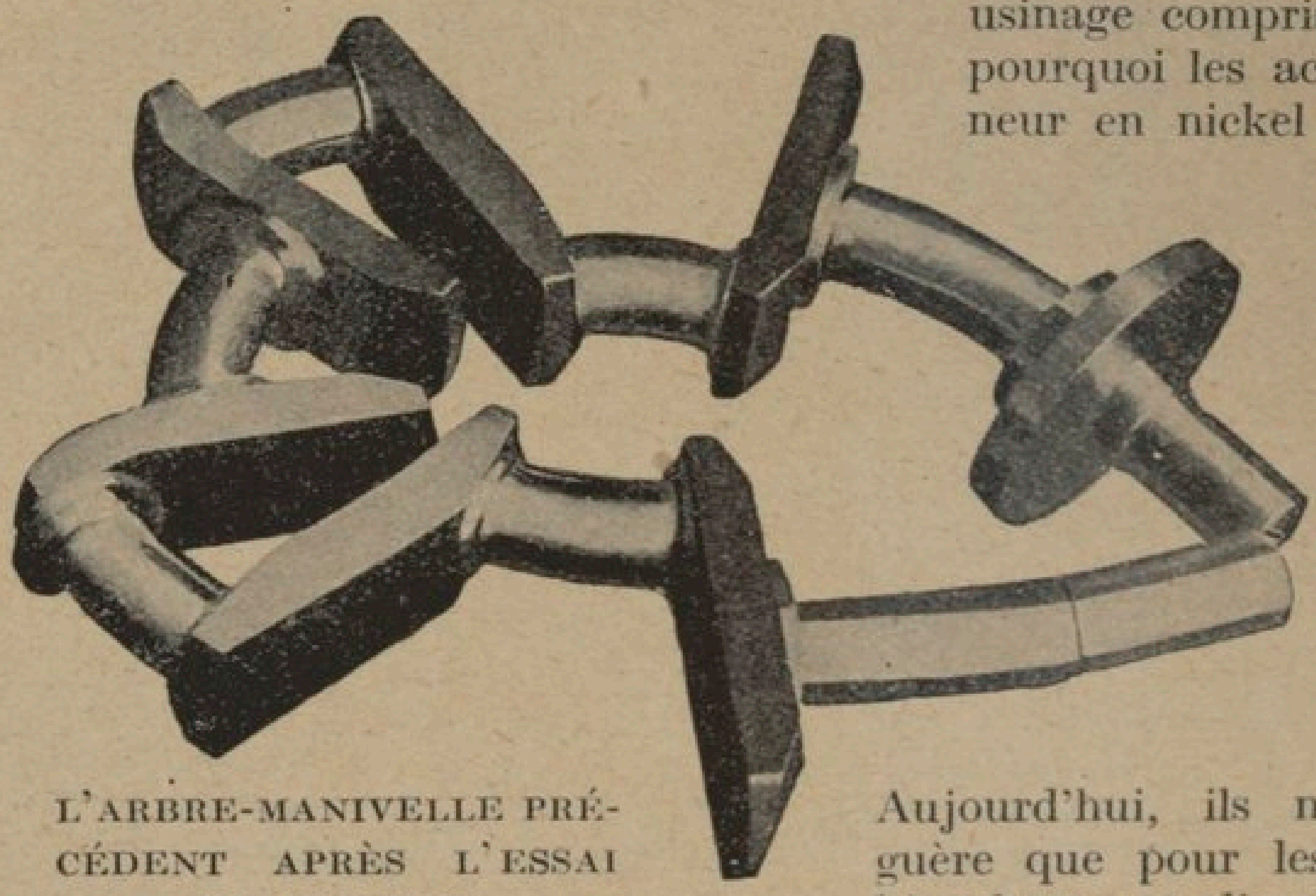
Si au contraire on augmente la teneur en nickel jusqu'à 5 % on obtient un métal encore plus parfait que l'acier à 3 % précédemment cité. Après trempe et recuit la résistance dépasse 85 kilogs par millimètre carré sans qu'on ait à craindre aucune fragilité Aussi l'emploie-t-on surtout pour la fabrication des arbres des vilebrequins, des essieux et des tiges de pistons car il résiste beaucoup plus efficacement aux efforts alternatifs que les aciers au carbone.



ARBRE-MANIVELLE D'UN MOTEUR D'AUTOMOBILE A 4 CYLINDRES

Cette pièce, forgée en acier au nickel à 5 0/0, était destinée à subir un essai de flexion à outrance, dont le résultat est représenté par la figure suivante.

L'acier à 12 % de nickel présente cette caractéristique particulière qu'il possède à l'état naturel les propriétés de résistance des aciers à basse teneur. Il suffit de le recuire à 900° pour qu'il atteigne son maximum de résistance, mais comme il est alors trop dur pour être travaillé aux outils rapides, on lui fait subir à l'usine un second recuit vers 500°-550° pour le rendre facilement attaquable aux outils rapides. S'il s'agit de pièces non usinées devant résister au frottement, on les recuit simplement à 900° sans autre traitement ultérieur. Ces qualités rendent l'acier à 12 % de nickel particulièrement précieux pour la fabrication des arbres de machines à vapeur, à gaz ou autres qui ont à résister spécialement à l'usure par frottement.



L'ARBRE-MANIVELLE PRÉCÉDENT APRÈS L'ESSAI DE FLEXION

Enfin les aciers à 20-25 % de nickel présentent une qualité remarquable : c'est d'être très blancs et pratiquement inoxydables et très difficilement attaquables par les agents de corrosion. De plus, ils offrent en même temps qu'une résistance élevée, un très grand allongement ; ils sont très ductiles, exempts de fragilité et s'adoucissent très sensiblement par la trempe.

Le seul inconvénient que l'on puisse reprocher aux aciers à haute teneur en nickel c'est d'être extrêmement chers. Ce prix élevé résulte de la valeur des éléments mis en œuvre et des insuccès qu'on ne peut éviter, même dans les fabrications les plus soignées. Une simple béquille haute de 15 centimètres destinée à une canne ordinaire revient à 150 frs, usinage compris. On comprend pourquoi les aciers à basse teneur en nickel soient les seuls que l'on recommande spécialement pour les divers emplois industriels.

Les aciers chromés contenant peu de carbone étaient autrefois utilisés pour la fabrication des canons. Aujourd'hui, ils ne servent plus guère que pour les roulements de bicyclettes et d'automobiles, parce qu'ils fournissent des cuvettes et des billes très dures assez faciles à ouvrer.

La proportion de carbone varie alors de 0.800 à 1.2 % tandis que la teneur en chrome doit être maintenue entre 1 et 1.5 % ; la température de trempe de ces métaux n'est pas inférieure à 900-1.000°.

On a également appliqué l'acier au chrome aux projectiles d'artillerie moyenne.

Les aciers nickel-chrome avec ou sans tungstène, de même que les aciers nickel-vana-

dium, ont permis de construire des masques de canons ainsi que des plaques paraballes ou boucliers d'infanterie très remarquables, également utilisés pour la protection des nouveaux avions de chasse blindés.

Les principaux minerais de chrome sont le chromate de plomb et surtout les chromites de fer qui contiennent environ 60 % de sesquioxyde de chrome d'où l'on peut extraire couramment 65 % de chrome métallique.

Le manganèse confère à l'acier des propriétés de dureté et une non-fragilité qui ont fait des aciers au manganèse les éléments les plus employés pour les pièces qui doivent résister à l'usure, comme les cuves ou les boulets de broyeurs, les roues de wagonnets de mines et aussi les croisements en rails usités sur les voies ferrées. Enfin les aciers allemands autrefois employés pour la fabrication des roulements à billes sont aujourd'hui remplacés par des aciers au manganèse fabriqués dans nos usines françaises.

L'acier au manganèse a également ceci de spécial, c'est qu'il a été breveté par les métallurgistes anglais MM. Robert et R.-A. Hadfield de Sheffield, qui l'ont découvert, et qui ont concédé l'exploitation de leur licence française aux usines Schneider, du Creusot.

La durée des roues exécutées avec cet acier est en effet de trois à quatre fois supérieure à celle des mêmes pièces fabriquées en fonte ou en acier ordinaire. L'acier au manganèse est tellement dur qu'il ne peut être pratiquement ni usiné ni percé par les machines-outils. On se contente d'employer bruts les objets moulés en acier manganèse et l'on dresse simplement leurs surfaces planes au moyen de meules en corindon.

On introduit le manganèse dans l'acier sous forme d'alliages dénommés ferro-manganèses, qui sont en réalité des fontes de fer tenant plus de 25 % de manganèse, alors que les spiegels, ou fontes manganésées, n'en tiennent que 2 à 25 %. Souvent on ajoute du silicium à ces composés et l'on obtient alors des silico-manganèses contenant 75 % de manganèse et 30 % de silicium.

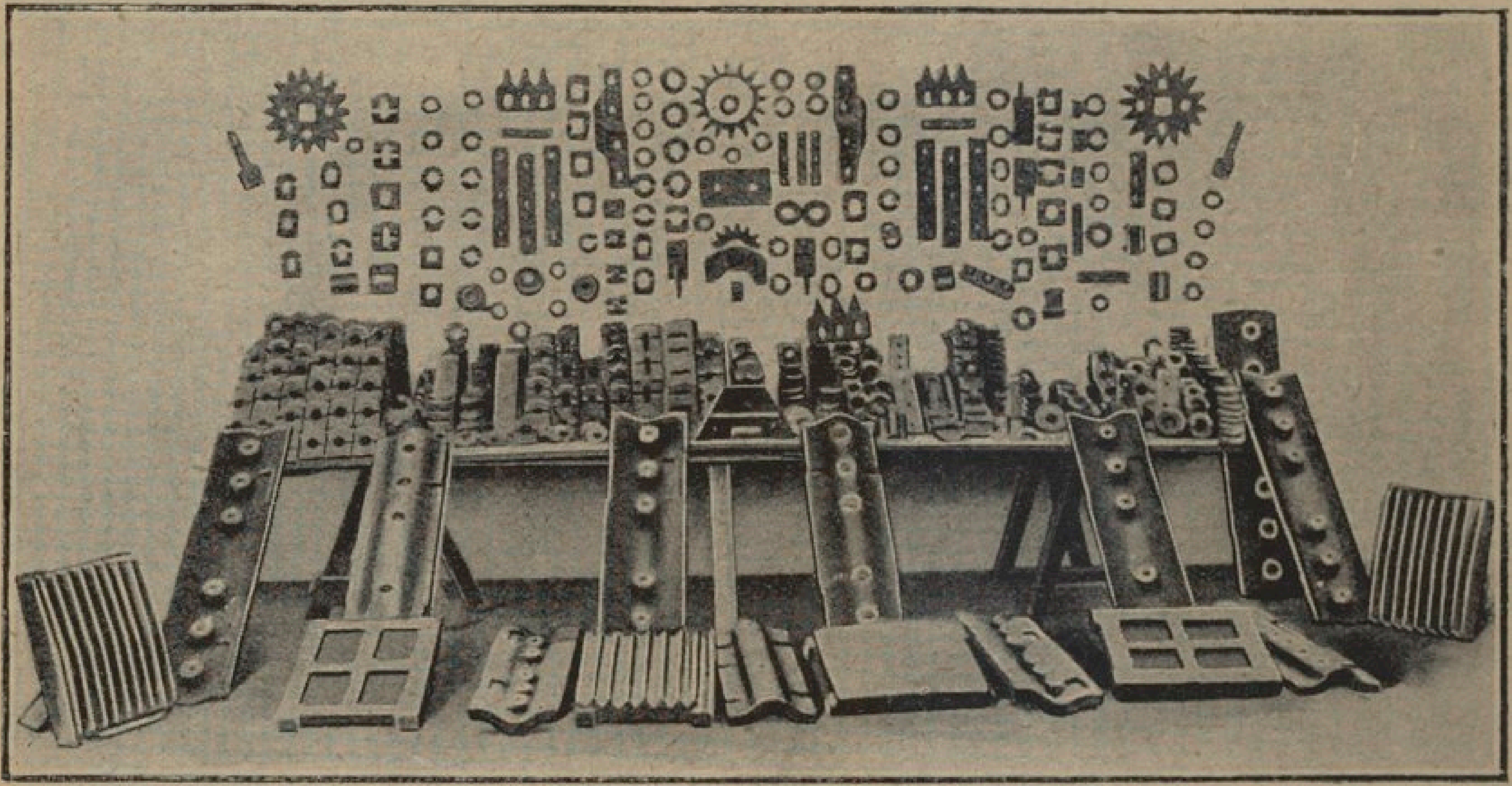
Les ferro-manganèses sont préparés dans des hauts fourneaux ou dans des fours électriques. Cette dernière méthode est aujourd'hui la plus répandue pour les fabrications d'aciers spéciaux. Les pays alliés sont heureusement propriétaires de la plus grande partie des gisements de manganèse du monde, de même qu'ils contrôlent toute la production du nickel au Canada et en Océanie.

VUE INTÉRIEURE D'UNE FONDERIE D'ACIER AUX USINES DU CREUSOT

Cette nef de l'aciérie est exclusivement consacrée à la fabrication des appareils de voies ferrées en acier moulé au manganèse, dont la durée est très supérieure à celle des pièces similaires en acier ordinaire.

La plus grande partie des aciers à outils destinés au travail des métaux durs sur les perceuses, les tours, les fraiseuses, les étaux limeurs, etc., contiennent une certaine proportion de tungstène, dont une dose très faible augmente sensiblement leur ténacité et leur résistance mécanique. On fabrique également des ressorts et des aimants artificiels en acier au tungstène, auxquels ce dernier corps communique une texture à grain très fin, serrée et soyeuse après la trempe à l'eau et à l'huile.

Le tungstène abaisse le point de fusion à l'état de poudre métallique ou de ferro-tungstène, dont la teneur varie de 70 à 85 % et que l'on fabrique aujourd'hui au four électrique. Les principaux gisements de wolfram sont exploités dans le Portugal, la République Argentine, l'Australie, le Brésil, etc. Le tungstène est souvent associé à l'étain ainsi qu'au molybdène. Le principal inconvénient du tungstène est son prix élevé, car ce métal coûtait avant la guerre près de 4.000 francs la tonne et tendait à augmenter bien que la production des minerais ait atteint 10.000 tonnes en 1913.



PANOPLIES DE PIÈCES DIVERSES EN ACIER MOULÉ AU MANGANÈSE

Cet ensemble d'éléments de voies ferrées et de machines diverses fabriquées au Creusot, dans les aciéries de MM. Schneider et Cie, comprend des rondelles et des sellettes pour suspensions de locomotives et de wagons, des éclisses et des plaques d'usure de rails, ainsi que des organes de broyeurs et des mâchoires de concasseurs pour le broyage des minerais de toute nature.

des aciers, mais il faut veiller à ce que leur teneur en carbone soit inférieure à 0,85 %, afin d'éviter la fragilité qui ne se fait pas sentir quand on introduit 0,2 % de carbone dans un métal contenant de 0 à 10 % de tungstène. La qualité des outils extra-rapides est augmentée par l'introduction de très faibles doses de chrome ou de molybdène.

Le tungstène ou pierre pesante est un métal dont le principal minerai est le wolfram, qui est un tungstate de fer et de manganèse que l'on vend dans le commerce à l'état de concentrés contenant de 60 % à 70 % d'acide tungstique. Le métal a été découvert en 1761 par Scheele dans la scheelite, qui est un tunsgtate de chaux tenant environ 80 % d'acide tungstique.

On introduit le tungstène dans les métaux

Il en est de même du molybdène qui, en 1911, valait 30 francs le kilogramme et dont la production totale atteignait à peine 200 tonnes. En introduisant de 0 à 15 % de molybdène dans des aciers contenant soit 0,20 %, soit 0,80 % de carbone, on accroît sensiblement la ductilité, la résistance à la rupture et l'élasticité. Le poids du molybdène est le quart de celui du tungstène, mais, malgré cela, les ferro-molybdènes obtenus au four électrique sont chers et ne servent que pour les aciers à outils très rapides, les tôles de chaudières fournies à la marine de guerre, les blindages de navires et certains projectiles. On emploie surtout dans ces divers cas des alliages : fer-nickel-molybdène, fer-chrome-molybdène ou encore fer-nickel-chrome-molybdène.

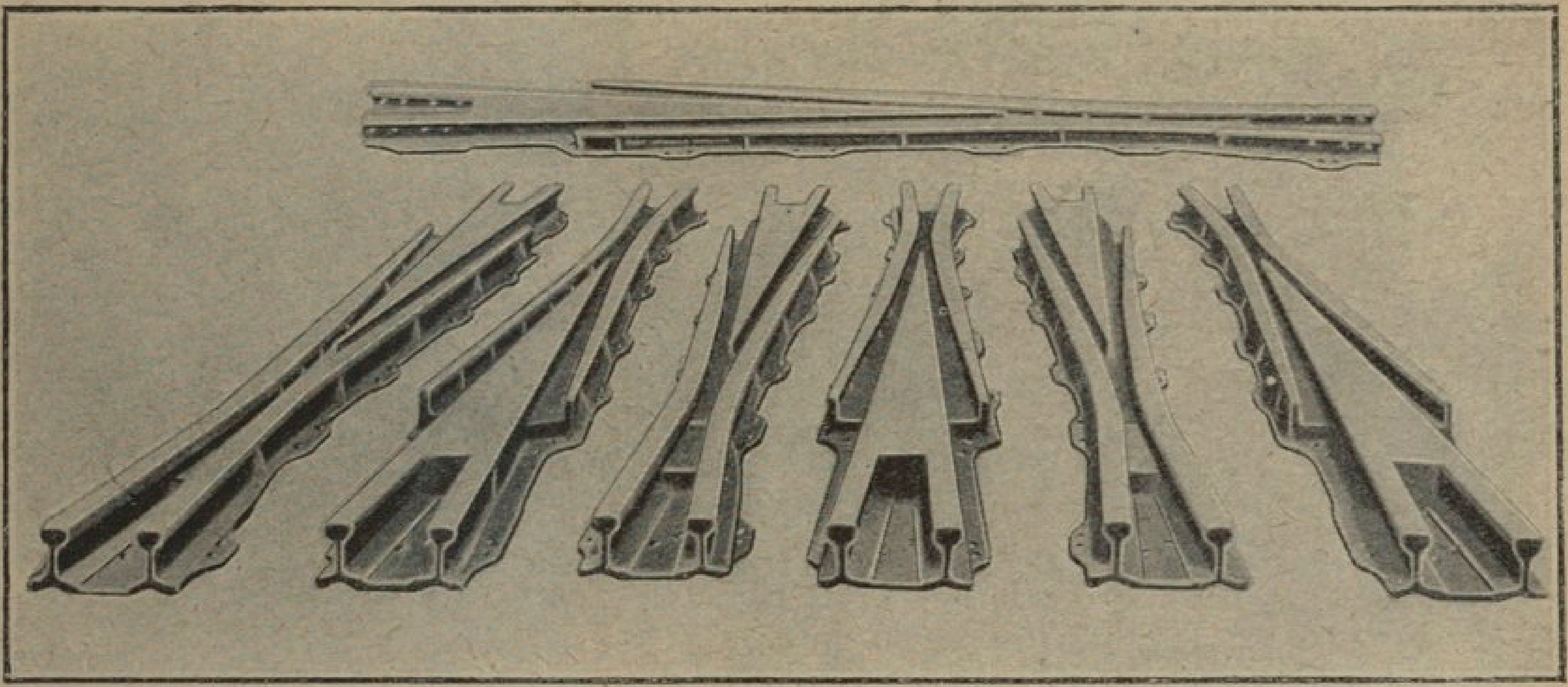
Le silicium est un corps très répandu dans la nature ; il joue, vis-à-vis du fer, de même que l'aluminium, un rôle d'épuration très net. On prépare les ferro-silicium dans des fours électriques qui ont remplacé les hauts fourneaux pour cette fabrication autrefois très florissante dans le Midi de la France. On atteint aujourd'hui des teneurs de 96 % en réduisant la silice ou quartz dans des fours à plusieurs électrodes, généralement à sole conductrice. Les aciers au silicium servent pour la préparation des aciers à outils et sont naturellement beaucoup moins chers que les précédents.

Depuis plus de 25 ans les sidérurgistes de la France, de l'Angleterre, et en général de toute l'Europe, ont perfectionné les aciers au carbone de telle manière qu'ils sont arrivés à en faire des produits de premier ordre dont la fabrication ne présente plus guère d'aléas. La nécessité des aciers spéciaux au nickel, au tungstène, etc., ne se faisait donc pas sentir chez nous avec autant d'intensité qu'au delà de l'Atlantique. Ces circonstances ont fait que les aciéries américaines sont passées directement des produits très ordinaires, obtenus dans des fours Martin souvent mal conduits, aux aciers spéciaux ultra-modernes les plus difficiles à étudier et à préparer dans de bonnes conditions.

C'est ainsi que le titane, le vanadium et même l'uranium ont été tout à tour mis à contribution à Pittsburg, à Chicago, etc, pour fabriquer les aciers destinés à la construction des rails et des pièces de ponts, aussi bien qu'à l'établissement des principaux organes d'automobiles et de locomotives.

L'action du titane sur l'acier est très favorable. Quand on ajoute du ferro-titane à 10-15 % dans le métal d'un four Martin au moment de la coulée, ce corps se dissout dans le bain et se combine aux gaz tels que l'azote et l'hydrogène qui tendent à donner des soufflures lors du refroidissement. Les grains de scories ou d'oxyde de fer emprisonnés dans le métal sont réduits, ce qui purifie l'acier et le rend parfaitement homogène.

Ce traitement a été appliqué en grand aux Etats-Unis à propos de la fabrication des aciers à rails et l'on a pu obtenir des produits d'une dureté de cent à trois cents fois supérieure à celle des rails Martin ordinaires.



CŒURS D'AIGUILLES EN ACIER AU MANGANÈSE POUR VOIE VIGNOLE DE LA COMPAGNIE DES CHEMINS DE FER DE PARIS A LYON ET A LA MÉDITERRANÉE

En dehors de cette application aux rails de chemins de fer et de tramways, le titane intervient dans la fabrication des aciers fins employés dans la construction des automobiles et des avions ou dans celle des aciers électriques. Dans ce dernier cas on ajoute une quantité de titane atteignant environ 0, 5 % dans un bain protégé de l'oxydation par une couche de laitier. On obtient ainsi des aciers rapides à outils présentant une grande résistance à l'usure, car une partie du titane échappe à l'oxydation et reste finalement dans l'acier à l'état métallique.

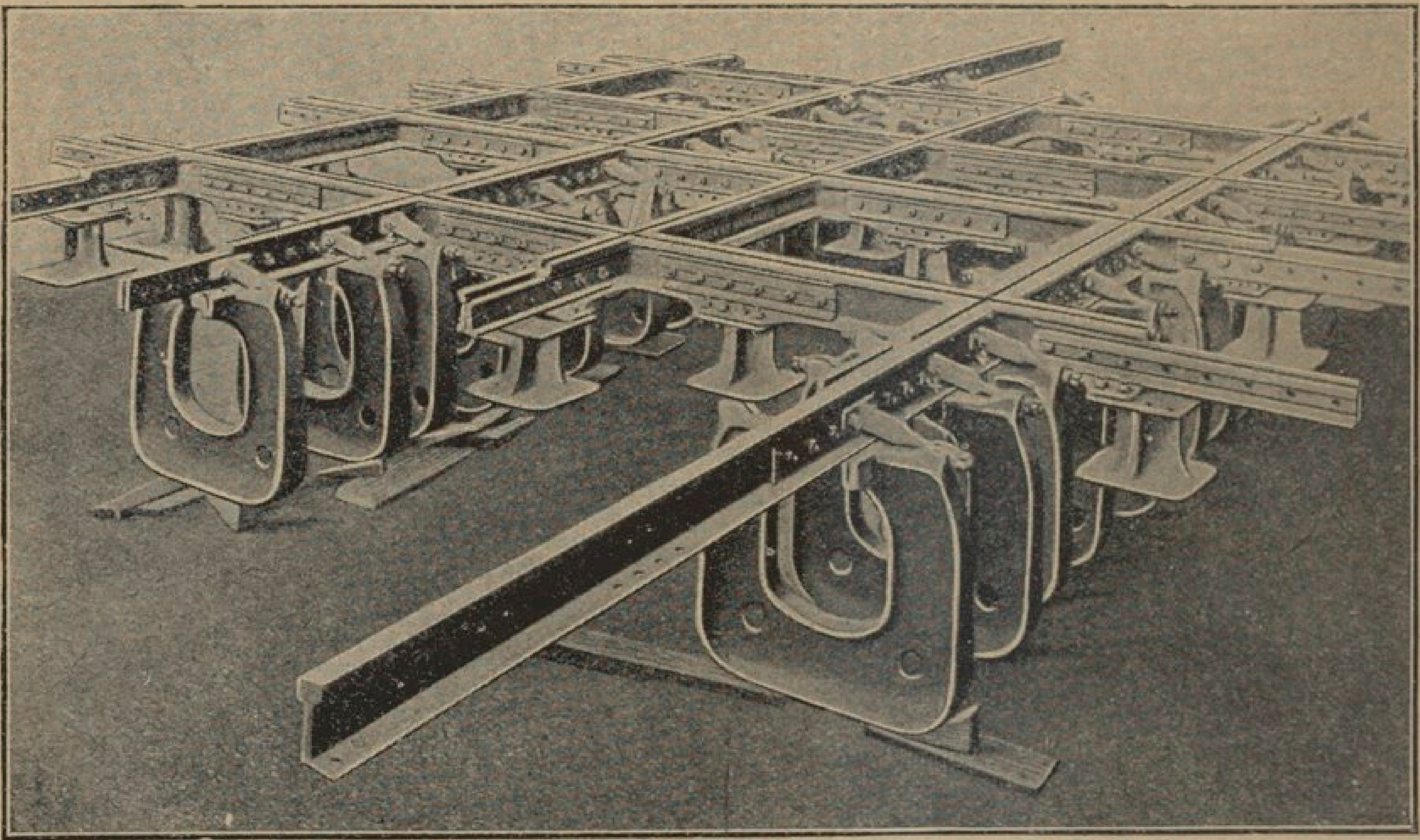
Le titane employé dans la métallurgie provient surtout des fers titanés dénommés ilménites et aussi du rutile, qui est un bioxyde de titane dont il existe des carrières en Norvège et des mines dans la Virginie (Etats-Unis) ainsi qu'en Australie. On est arrivé à traiter des minerais de fer magnétiques titanifères dans des hauts fourneaux en rendant la scorie fusible par des additions

convenables de calcaire et de dolomie introduites dans la charge de ces appareils.

On peut ainsi passer dans un haut fourneau à coke des minerais contenant jusqu'à 20 % d'acide titanique. Cependant il est préférable de préparer des ferro-titanes au four électrique, ou encore par le procédé Goldschmidt basé sur l'emploi de l'aluminium en poudre pour réduire un mélange d'oxyde de fer et de titane. La Titanium Alloy C° de Niagara Falls traite ainsi au four électrique des ilménites et des rutiles provenant du Canada

Quand on produit de l'acier au cubilot ou au convertisseur, on obtient un excellent résultat au point de vue de l'épuration du bain en projetant dans la poche contenant le métal liquide des additions de ferro-alliages au titane, au silicium et à l'aluminium.

Les constructeurs américains de matériel de chemins de fer et d'automobiles attribuent des qualités particulières aux aciers au vanadium. Ce métal mélangé à l'acier en quantité presque infinitésimale d'environ 0,25 % lui donne des qualités de résistance remarqua-



TRAVERSES DE VOIES DE TRAMWAYS ORDINAIRES ET À CANIVEAU

On a représenté ici une voie Broca pour tramway coupant presqu'à angle droit une voie à caniveau de la Compagnie des Tramways de l'Est-Parisien. Tout ce matériel est exécuté en acier au manganèse.

et de Virginie; on emploie des fours électriques Héroult à deux électrodes avec revêtement de magnésie. Dans ces fours de 1.500 chevaux, la tension entre les bornes est de 160 volts et chaque appareil fournit environ, par jour, 2.000 kilos de ferro-titane, contenant 7 à 8 % de carbone et 15 % de titane.

On peut également fabriquer un alliage de ferro-titane exempt de carbone en fondant au four électrique des riblons d'acier et d'aluminium. Ce dernier métal forme au-dessus du fer un bain dans lequel on projette des minerais riches en titane ou en chaux titanate. Grâce à la haute température du four, l'aluminium réduit l'oxyde de titane, il se forme un alliage contenant du fer, de l'aluminium et du titane avec une très faible dépense de courant électrique.

bles à l'usure, aux chocs violents, à la perforation, aux températures élevées et en général à l'action des agents qui attaquent ordinairement l'acier. Le vanadium purifie le métal dans lequel il permet une répartition régulière du carbone dans toute la masse.

L'acier au vanadium, dont les qualités d'élasticité sont souvent doubles de celles des aciers au carbone, est utilisé pour le matériel de guerre et surtout pour la fabrication des plaques de blindage et des boucliers de canons. On s'en sert aussi pour obtenir des outils à coupe rapide qui, pour travailler les métaux à de très grandes vitesses, doivent pouvoir fonctionner au rouge vif sans perdre leur trempe et sans se déformer.

On ajoute souvent à l'acier du vanadium avec du nickel et du chrome et l'on obtient

ainsi un métal que l'on utilise pour la construction des pièces de locomotives et d'automobiles qui doivent supporter de fortes pressions, notamment les ressorts et les engrenages. Dans ce dernier cas on a employé souvent des aciers au carbone additionnés de tungstène, de chrome et de vanadium.

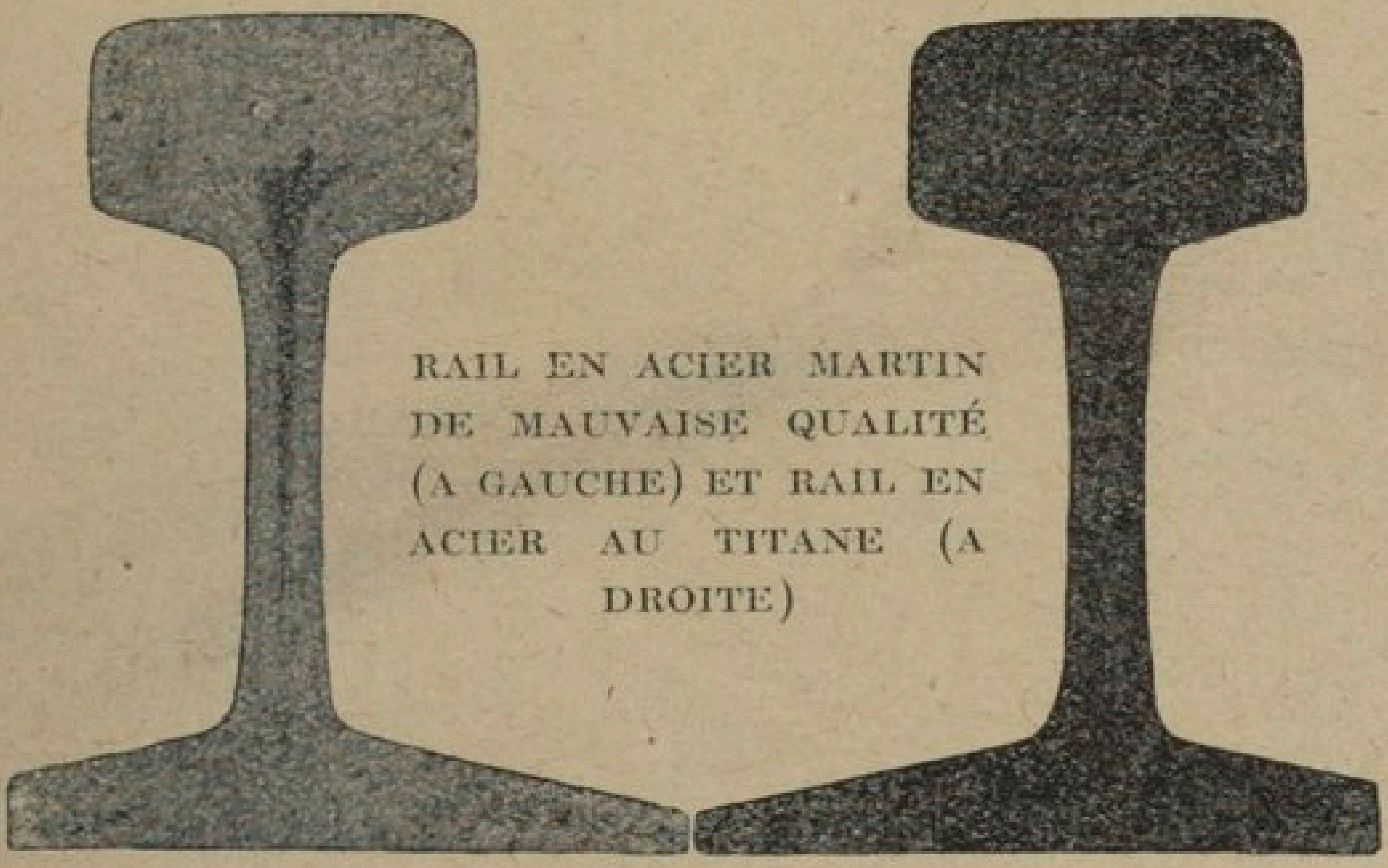
Sur le réseau du Chicago Rock Island et Pacific Railroad, un certain nombre de locomotives sont montées sur des roues munies de bandages d'acier au chrome-vanadium.

Depuis l'ouverture des hostilités, la production des aciers au vanadium a pris une grande extension en France et en Angleterre pour les fabrications d'artillerie et pour l'obtention des aciers à coupe rapide employés pour les machines-outils. Les statistiques de cette production sont gardées secrètes. Aux Etats-Unis, la sidérurgie absorbait en 1913 plus de 200.000 kilogs de vanadium.

Bien que ce métal soit très répandu dans la nature, on n'en trouve généralement que de très faibles traces. Les deux principaux minerais actuellement exploités sont la patronite, qui est un sulfure de vanadium à 15 % que l'on trouve surtout au Pérou, à Minasragra, et la vanadinite, qui est une combinaison de plomb avec environ 10 % de vanadium.

En 1910, les minerais contenant du vanadium se vendaient à raison de 5 francs par kilogramme d'acide vanadique et le ferro-vanadium valait de 40 à 50 francs par kilogramme de vanadium métallique. On éprouve une certaine difficulté pour incorporer le vanadium dans l'acier à cause de sa grande affinité pour l'oxygène et pour le carbone, laquelle exige des précautions encore plus rigoureuses que lorsqu'il s'agit d'introduire du chrome dans les aciers d'artillerie.

L'extraction du radium de ses minerais, dont le principal est la monazite, fournit une certaine quantité d'oxyde d'uranium qui sert à la fabrication d'un ferro-uranium que le bureau des Mines des Etats-Unis a fait étudier spécialement en vue de son emploi dans la sidérurgie. Il est en effet prouvé que les Allemands produisaient avant la guerre une certaine quantité d'acier à l'uranium qui servait surtout pour la fabrication des tubes destinés aux gros canons. On a commencé aux Etats-Unis à produire des échantillons d'acier à l'uranium que le Bureau d'artillerie du ministère de la Guerre a fait essayer concurremment avec d'autres aciers spéciaux dans le but d'étudier la possiblité de l'emploi des aciers à l'uranium dans la construction des pièces d'artillerie. Ces essais ont été faits avec le concours de certaines universités parmi lesquels figurait l'Université Cornell (Ithaca).



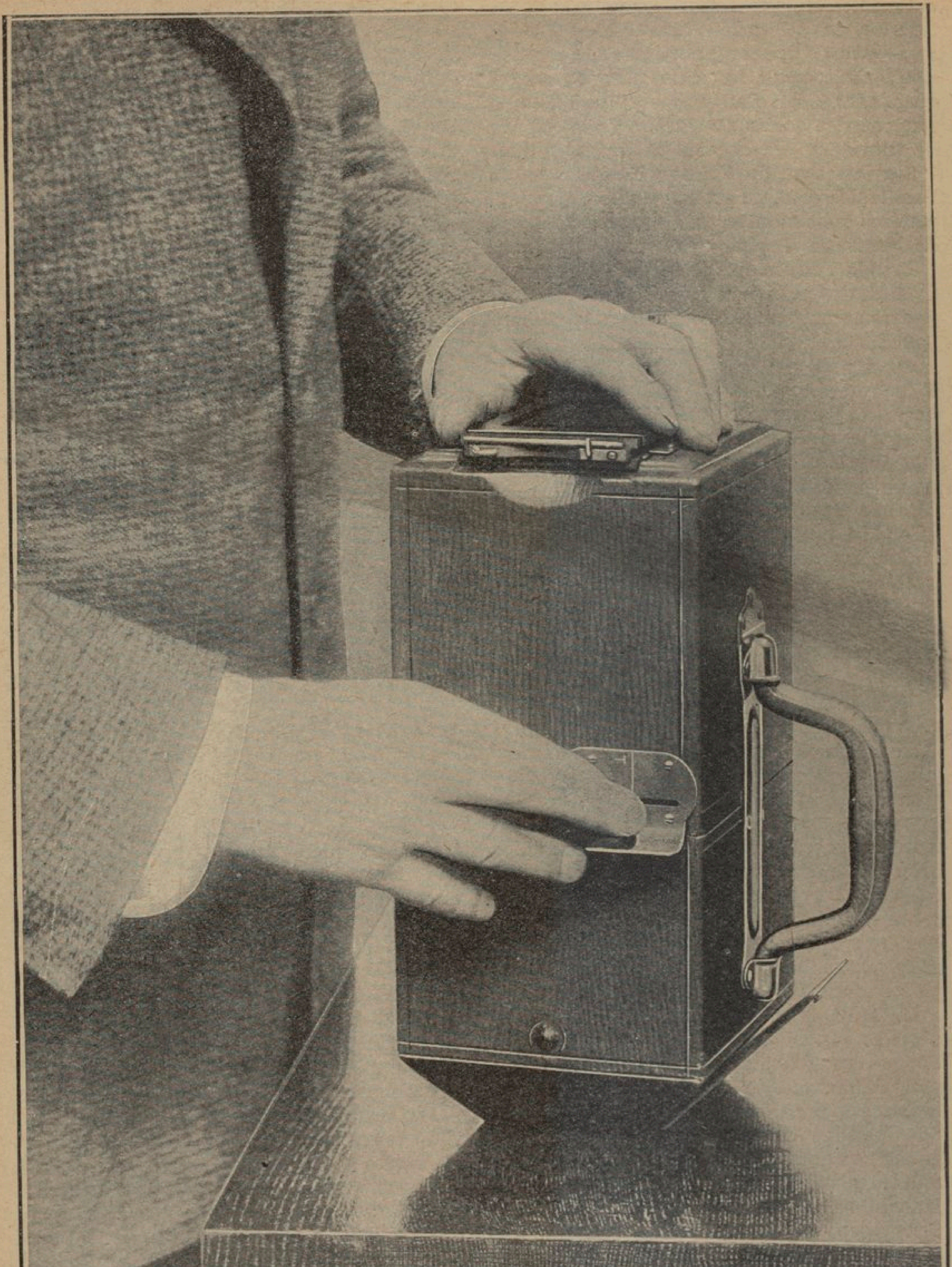
RAIL EN ACIER MARTIN DE MAUVAISE QUALITÉ (A GAUCHE) ET RAIL EN ACIER AU TITANE (A DROITE)

Ces deux coupes montrent que l'acier au titane présente une texture homogène, tandis que l'acier Martin mal fabriqué donne lieu à des soufflures intérieures qui diminuent considérablement la résistance du rail et peuvent même occasionner sa rupture.

Les aciers au zirconium sont particulièrement durs et une couche de 25 mm. de ce métal était considérée en Allemagne comme équivalant à une épaisseur triple du meilleur acier Krupp à blindages. Avant la guerre, ce pays possédait le monopole des fournitures de zirconium, et le traitement métallurgique de ce métal avait fait l'objet de brevets allemands. Malheureusement, le zirconium, dont la principale application était jusqu'ici la fabrication des becs à incandescence en zircone, était relativement rare et son prix n'est pas inférieur à 1.000 francs le kilog. Les gisements principaux se trouvent en Russie et aux Etats-Unis, principalement dans les terres rares exploitées depuis quelque temps dans la Caroline du Nord ainsi que dans le Texas.

En résumé, l'on peut dire, avec un de nos plus savants fabricants d'aciers fins, que les aciers spéciaux que nous venons d'énumérer sont excellents, mais qu'en connaissant à fond son métier on peut préparer des produits au carbone pouvant les remplacer complètement malgré leur prix beaucoup moins élevé. La principale question soulevée par l'emploi des aciers fins est leur traitement à l'atelier, qui doit être surveillé de très près et minutieusement étudié pour leur conserver toutes leurs qualités.

Gustave COURTALIN.



APPAREIL SPÉCIALEMENT CONÇU POUR PHOTOGRAPHIER LES EMPREINTES DIGITALES

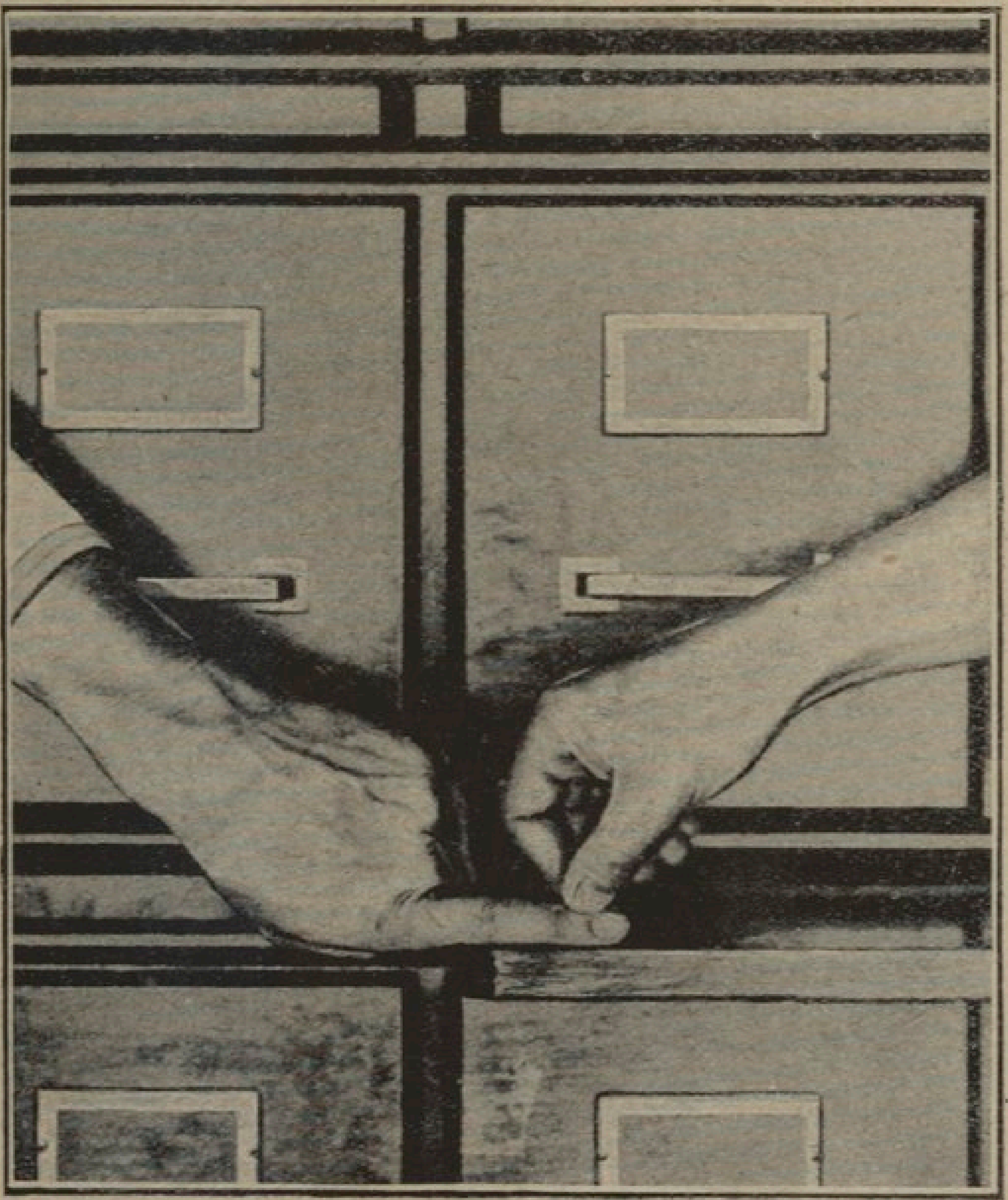
L'appareil est placé verticalement et de manière que la petite base de sa partie pyramidale recouvre exactement l'empreinte à photographier.

UNE SIMPLE EMPREINTE DIGITALE SERT A IDENTIFIER LES MARINS AMÉRICAINS

Par René MAISTRE

Le regretté Bertillon ne fut pas le premier à faire usage des empreintes digitales dans un but d'identification. Bien longtemps avant lui, si longtemps même qu'il nous faut remonter à... deux siècles avant notre ère, les Chinois, ces précurseurs en tant de choses, utilisaient ce procédé, racontent les historiens, pour signer leurs écrits.

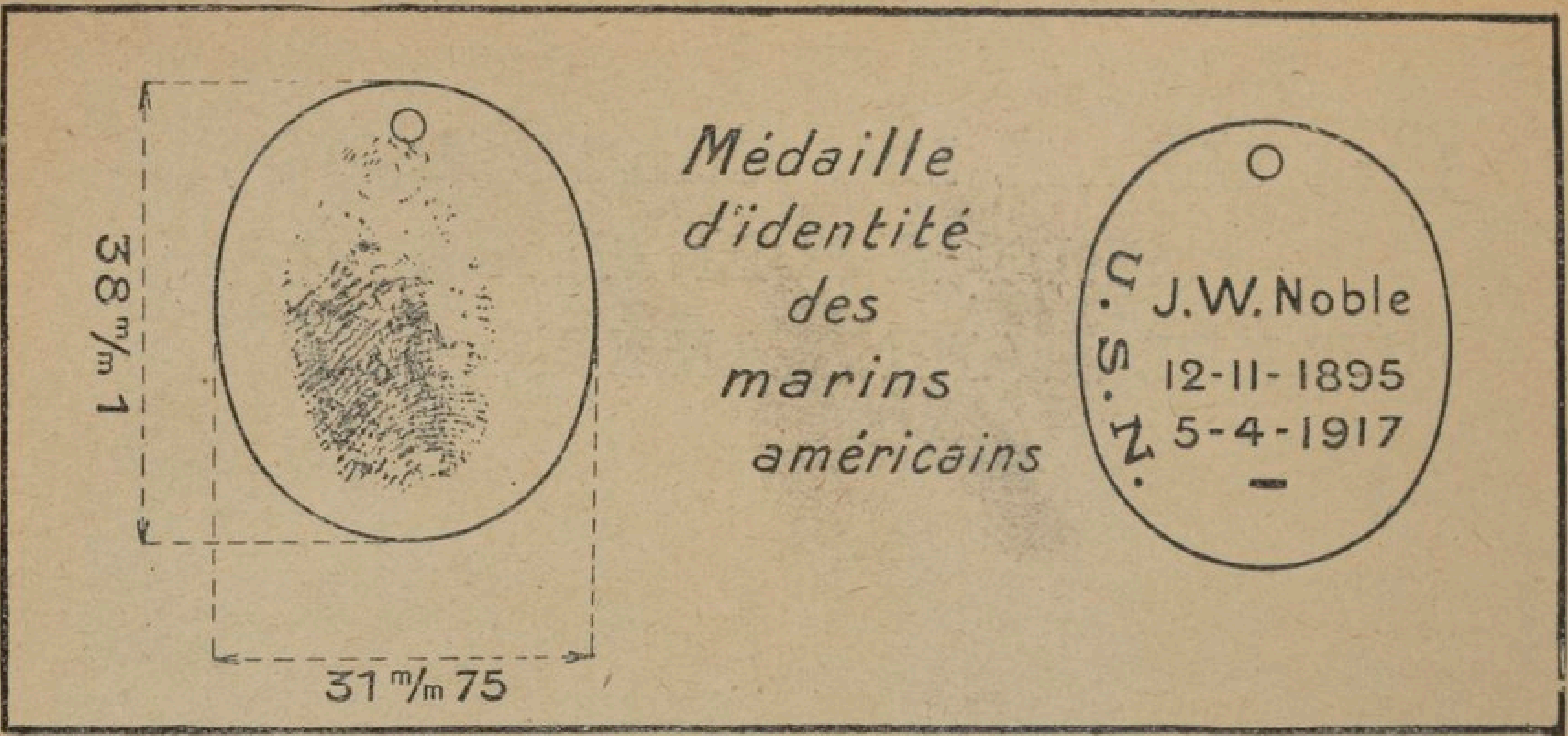
L'empreinte digitale est aujourd'hui presque exclusivement réservée à l'identification des criminels, et l'exemple des autorités navales des Etats-Unis, qui y ont fait appel il y a près de deux ans pour l'identification de tous les officiers, sous-officiers et marins, est resté isolé, bien que constituant une innovation très intéressante. La marine américaine n'a probablement eu qu'à se louer de cette mesure, car elle a décidé, il y a quelque temps, que tout son personnel recevrait une médaille d'identité qui portera, gravée sur une face, l'empreinte de l'index de la main droite du titulaire, son nom avec les initiales de ses prénoms, l'indication de sa date de naissance et de celle de son engagement (jour, mois et année en chiffres) et, pour les officiers, le grade et la date de leur promotion gravés sur l'autre face.



MANIÈRE DE PRENDRE UNE BONNE EMPREINTE

On place le doigt, préalablement encré, de côté, sur la feuille ou sur la médaille, puis on le tourne progressivement, sans appuyer, car c'est l'opérateur qui se charge de presser sur le doigt, le succès, c'est-à-dire la netteté de l'empreinte, dépendant beaucoup de la pression.

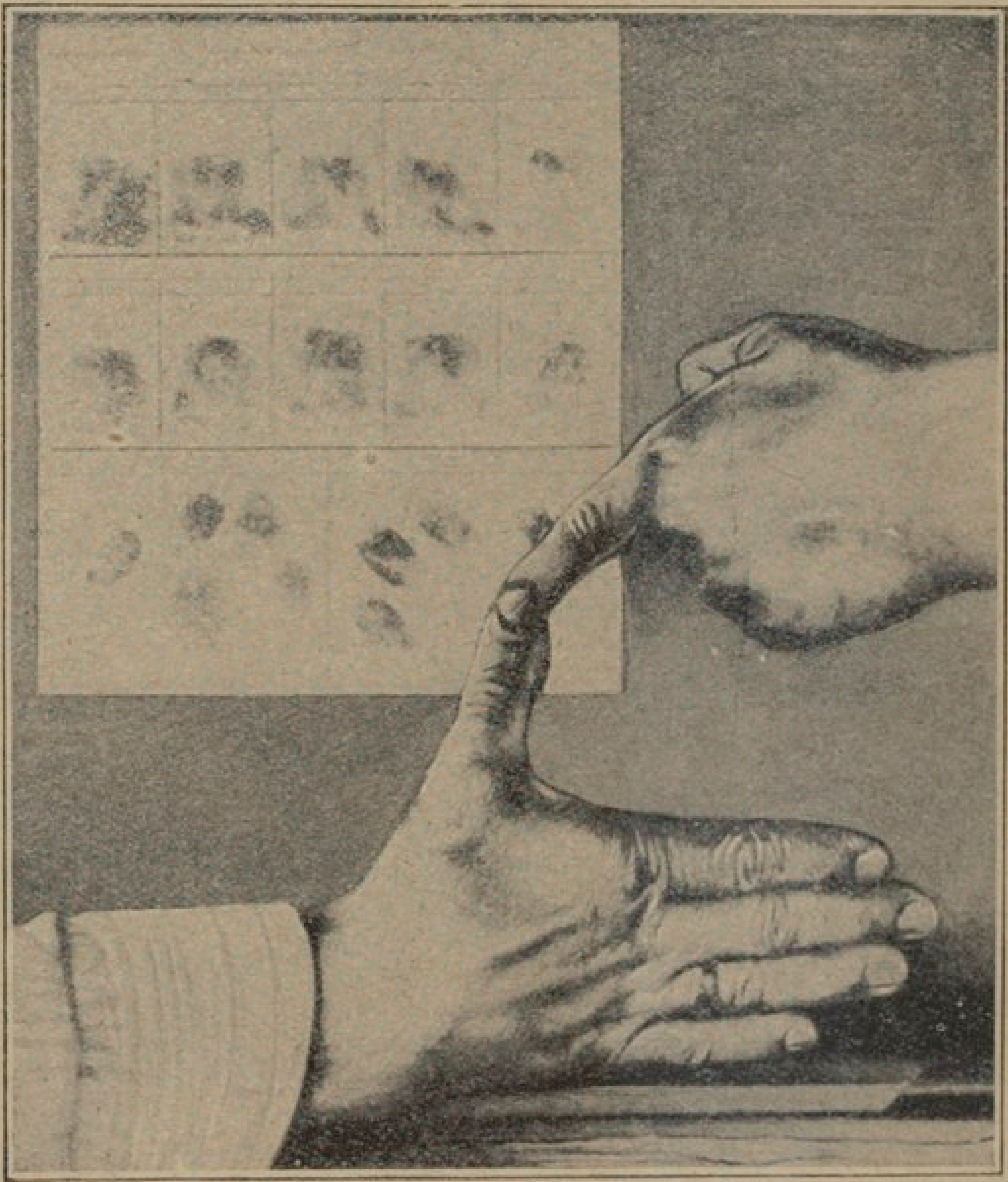
La médaille est faite d'un bronze spécial (Money alloy), le même qui est employé à la fabrication des hélices des cuirassés américains ; cet alliage présente l'avantage de ne fondre qu'à 1.360 degrés centigrades et de ne pas être attaqué par l'eau de mer ; c'est donc, dans les conditions normales, un alliage inoxydable. La médaille est ovale et mesure 31 mm. 75 dans un sens et 38 mm. 1 dans l'autre sens. Elle est percée d'un trou pour permettre de la suspendre autour du cou au moyen d'un fil de même métal inoxydable, mais garni de coton.



COTÉ EMPREINTE
L'empreinte est celle de l'index de la main droite.

COTÉ NOM ET DATE
Nom, date de naissance, date d'engagement.

Préalablement à la confection de la médaille, on prend d'abord les empreintes des cinq doigts de chaque main sur une fiche individuelle, après que les doigts ont été trempés dans de l'encre d'imprimerie convenablement diluée avec de l'essence de térébenthine, pour la rendre plus liquide. Les indications à graver sur la médaille sont également reportées, avec les mensurations, l'âge, le lieu de naissance, le signalement, etc... sur la fiche, laquelle doit, bien entendu, être conservée dans les archives du Bureau d'identité. Ensuite l'empreinte de l'index de la main droite seule est apposée sur une face de la médaille, puis, sur l'autre face, on écrit, avec une plume en acier, bien propre, les indications dont il a été parlé plus haut, en ajoutant, sur cette même face, les initiales U.S.N. (United States Navy).



ENSEMBLE DES EMPREINTES DIGITALES SUR UNE FICHE ANTHROPOMÉTRIQUE

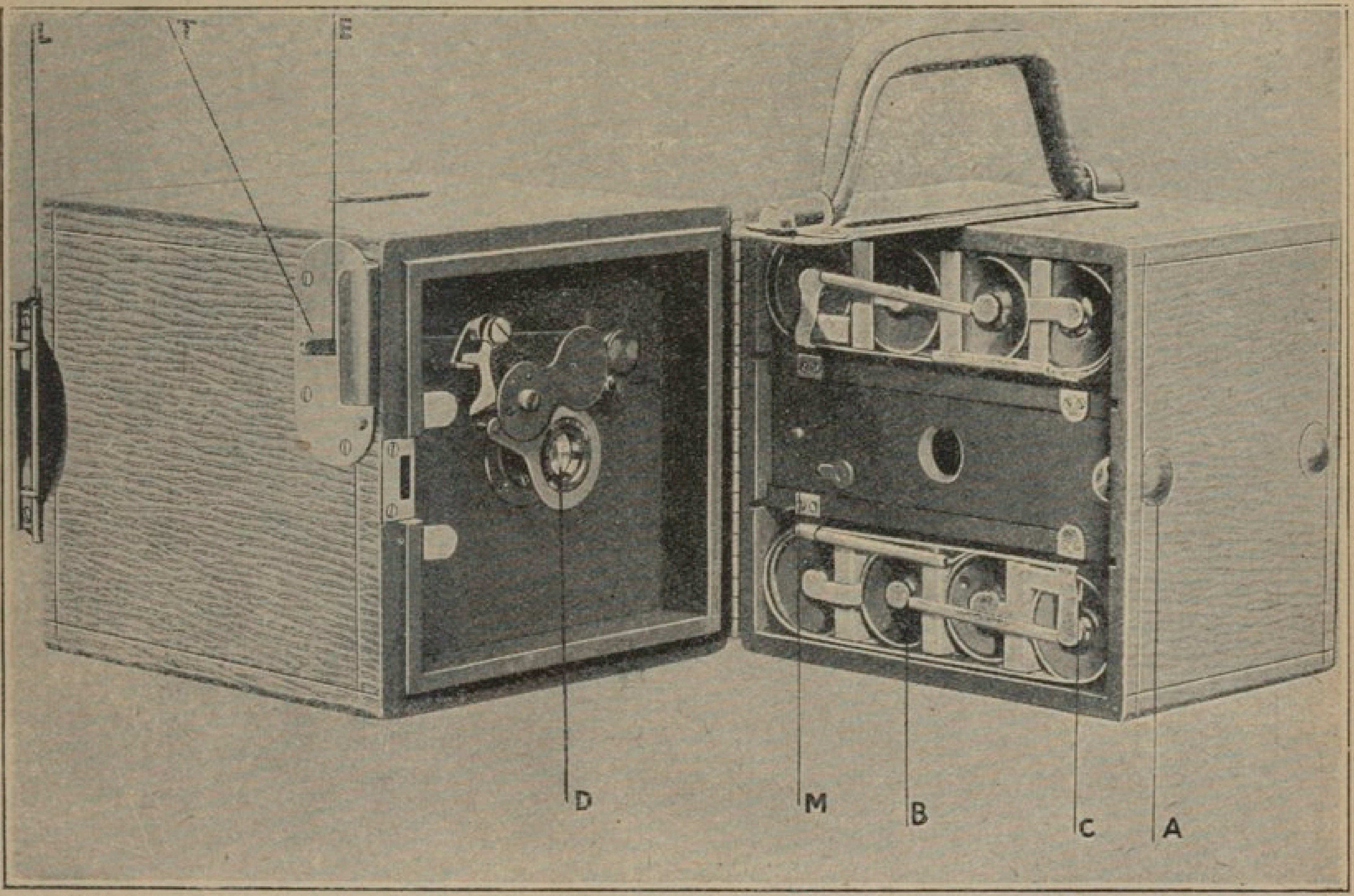
Dans les cinq cases du haut sont imprimées les empreintes des doigts de la main gauche et, dans celles du bas, les empreintes de la main droite, avec, au-dessous la répétition de toutes ces empreintes mais obtenues simultanément pour les quatre doigts longs. De l'autre côté de la fiche sont portés les nom, prénoms, âge, lieu de naissance, etc., ainsi que les mesures de l'intéressé.

Alors que l'encre est encore fraîche, on saupoudre les deux faces de la médaille de gilsonite finement divisée (la gilsonite est une variété d'asphalte naturel, tendre et fondant à une température relativement

basse) qui, d'une part, se mélange à l'encre, et, d'autre part, adhère à toute la surface du métal. On souffle légèrement le surplus, puis on chauffe la médaille au-dessus d'une lampe à alcool ou d'un poêle électrique, à une température légèrement supérieure à 100 degrés centigrades. On laisse ensuite l'objet refroidir, puis on l'immerge pendant une heure dans un bain acide composé de : un volume d'acide nitrique concentré pour deux volumes d'eau. On peut, évidemment, placer plusieurs médailles dans le même bain, mais il faut éviter de les mettre en pile.

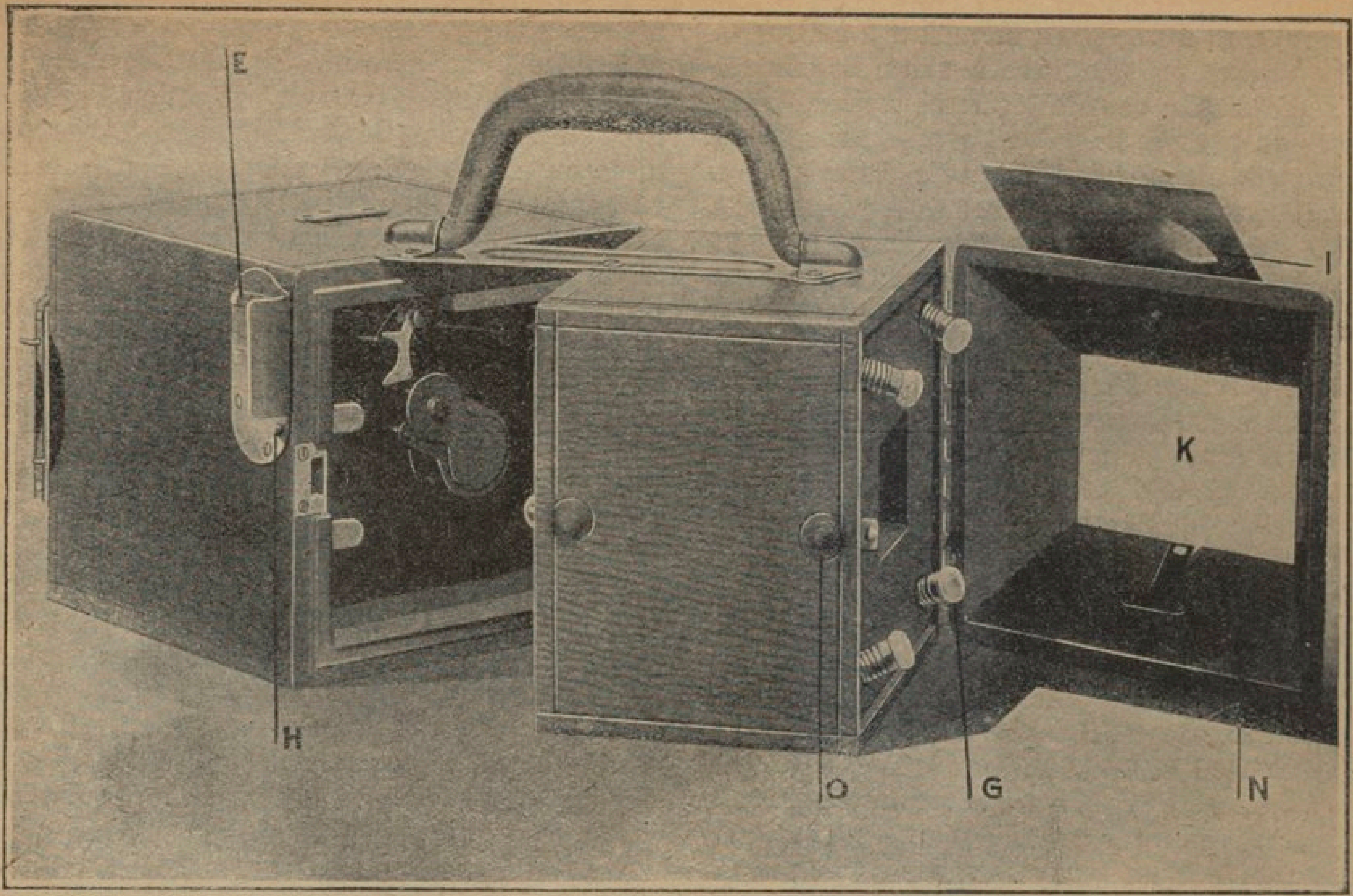
Ce système d'identification qui, peut-être, sera plus tard étendu au personnel de l'armée américaine, lequel, pour le moment, ne reçoit qu'un jeton en aluminium analogue aux médailles d'identité de nos soldats et marins, réduira au minimum, à rien pourrait-on dire, les risques d'erreurs ; les experts estiment, en effet, que ce risque est de l'ordre de 1/65.000.000^{e}, puisque l'empreinte de chaque doigt présente soixante-cinq points de comparaison et qu'il n'y a qu'une chance sur un million pour que deux personnes présentent un cas d'identité absolue pour une même caractéristique du dessin des lignes digitales. Ces observations ont également été faites par M. Alphonse Bertillon.

Comme nous l'avons dit, il est nécessaire de conserver dans les archives du ministère intéressé la copie de toutes les empreintes et indications constituant la fiche individuelle anthropométrique des officiers et marins. Pour le moment, cette copie est obtenue par application directe sur la fiche du doigt préalablement encré. Il peut sembler, à première vue, que l'opération est aisée, mais il n'en est rien et les empreintes obtenues de cette façon laissent souvent à désirer sous le rapport de la netteté. On gâche fréquemment plusieurs fiches avant d'imprimer des empreintes convenables, soit que l'encre soit trop épaisse ou trop fluide, que la pression du doigt sur le papier soit trop forte ou, au contraire, insuffisante, etc... Pour cette raison, il est probable qu'on obtiendrait de meilleurs résultats, mais il en coûterait plus cher et l'opération serait beaucoup plus longue, si l'on pouvait photographier directement le doigt, autant que possible en grandeur naturelle et, bien entendu, dans des conditions d'éclairage et de mise au point toujours égales à elles-



LES DEUX COMPARTIMENTS DE L'APPAREIL A PHOTOGRAPHIER LES EMPREINTES

Le compartiment de gauche est l'appareil photographique proprement dit. Le compartiment de droite renferme deux groupes d'éléments servant à allumer les lampes placées de l'autre côté de ce compartiment. En M *se trouve un tiroir renfermant des ampoules de rechange. Le trou central sert à laisser la lumière pénétrer dans l'objectif. (Pour les autres lettres, se reporter à la figure de la page suivante).*



LES EMPREINTES PHOTOGRAPHIÉES PAR CET APPAREIL SONT ÉCLAIRÉES DE L'INTÉRIEUR

Le couvercle N, *qui, en temps de fonctionnement, est rabattu contre le deuxième compartiment, est percé d'une fenêtre* K *que l'on applique sur l'empreinte à photographier, laquelle est éclairée de l'intérieur par les ampoules électriques* G. *L'éclairage étant constant et la distance de l'empreinte à l'objectif invariable, il n'est besoin d'aucune mise au point. (Pour les autres lettres, se reporter à la description).*

mêmes, de manière que les épreuves d'empreintes différentes soient aussi semblables que possible quant à la netteté et la force du trait. A ce propos, il n'est pas sans intérêt de décrire ici un appareil qui réalise toutes ces conditions et pourrait se prêter à la photographie directe du dessin des lignes digitales moyennant une petite modification très facile à apporter à sa construction.

L'instrument, qui est fabriqué par la Compagnie Eastman Kodak, et est employé par presque tous les départements de police américains, se compose de deux compartiments reliés par une monture à charnière, dont l'un constitue l'appareil photographique proprement dit, et l'autre renferme huit éléments de pile, répartis en deux groupes de quatre laissant entre eux une petite chambre rectangulaire percée en son centre suivant l'axe longitudinal de l'appareil. A la partie antérieure de ce second compartiment et aux quatre coins, sont montées quatre petites ampoules électriques *G* alimentées de courant par les éléments de pile. Un couvercle pyramidal *N* recouvre cette partie de l'instrument et, tout en protégeant les lampes des chocs qui pourraient les briser, forme une chambre munie d'une petite fenêtre rectangulaire *K* ayant exactement les dimensions de la plaque ou de la pellicule sensible (on peut employer l'une ou l'autre) soit 57 mm. 15 × 82 mm. 55, et dont le plan passe exactement par le foyer de la lentille. Cette fenêtre peut être très aisément recouverte par un volet *I* lorsque l'instrument n'est pas en usage.

Quand on veut photographier une empreinte, on dispose l'appareil de manière à appliquer contre elle la fenêtre *K*, puis on déprime le levier *E*, ce qui provoque l'allumage des lampes, et, en même temps, ouvre, puis referme l'obturateur, découvrant ainsi l'objectif pendant un temps donné. On peut faire varier le temps de pose à volonté en amenant l'arête supérieure du levier *E* à coïncider avec la ligne *T*, puis en l'y maintenant pendant le temps voulu, abaissant ensuite le levier à fond et le laissant revenir en position, ce qui provoque l'extinction des lampes. Tout le temps de l'exposition, qui dure en moyenne de cinq à six secondes, l'empreinte se trouve donc éclairée *de l'intérieur*, jamais de l'extérieur, comme c'est le cas avec les appareils ordinaires. Il faut,

avant de prendre un cliché, sortir la plaque glissante *L*, puis la remettre en position dès que la photographie est faite, de manière à faire passer la plaque ou la pellicule impressionnée dans le magasin et à y substituer une plaque ou une autre pellicule vierge.

En pressant sur le bouton *H* de l'instrument, on peut, sans provoquer le fonctionnement de l'obturateur, allumer les lampes dans le but, par exemple, d'en utiliser la lumière pour faciliter la localisation de l'empreinte lorsqu'elle n'est que très peu visible. Dans ce cas, d'ailleurs, en faisant usage de fine poudre blanche (de la poudre d'alumine, de préférence) ou noire (du graphite ou du charbon de bois finement divisés), suivant que la marque apparaît sur une surface noire ou blanche, on en renforce suffisamment la visibilité.

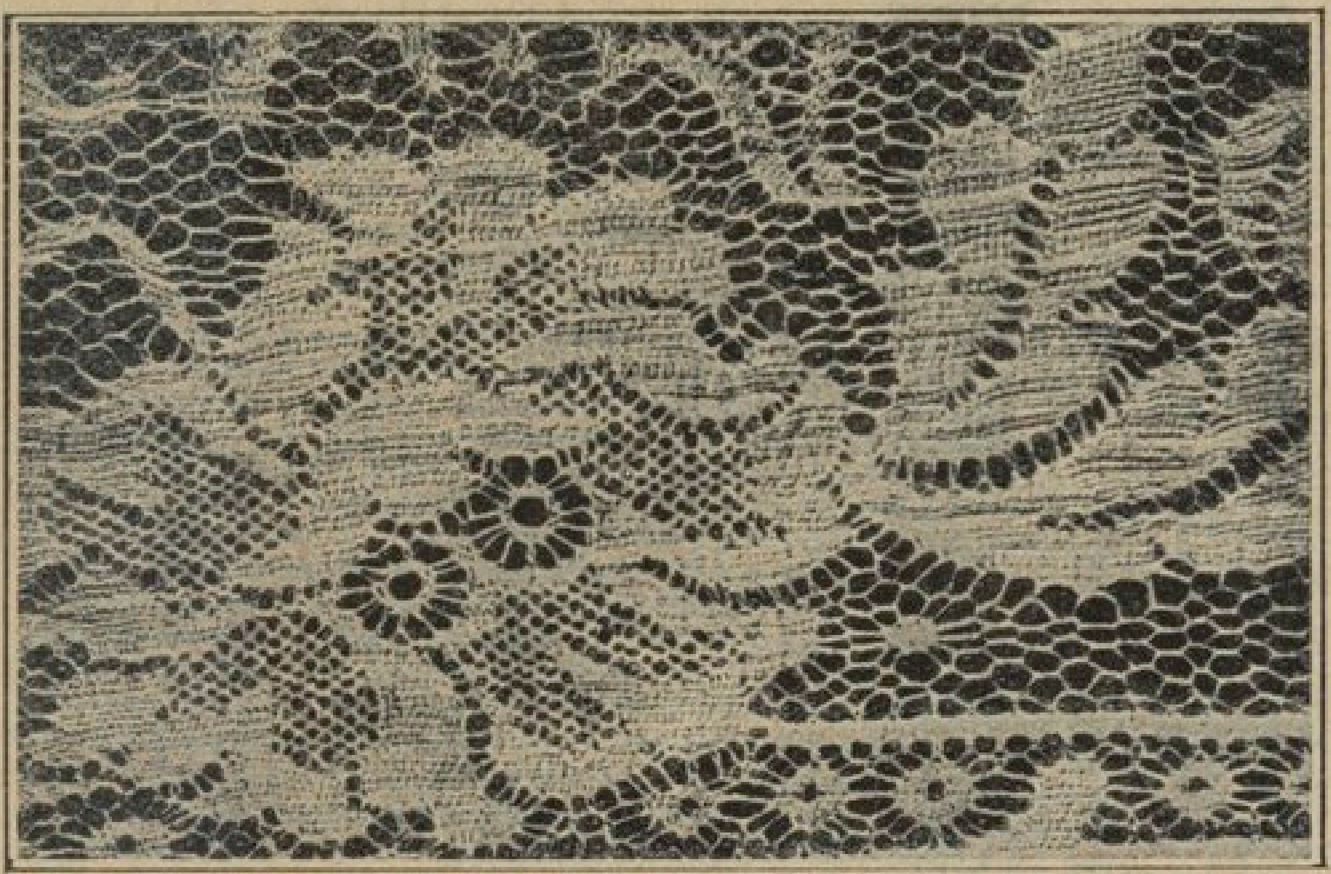
PHOTOGRAPHIES DE TROIS EMPREINTES DIGITALES

Le dessin des lignes de chaque doigt présente soixante-cinq points de comparaison.

Comme on a pu le voir, par la description qui précède, la construction de l'appareil est telle qu'il n'est jamais besoin de régler l'ouverture de l'obturateur ni la mise au point ; l'intensité de l'éclairement auquel est soumise l'empreinte est constante, puisqu'elle ne dépend pas de l'éclairage extérieur, qui est loin d'être uniforme ; d'autre part, la marque à photographier se trouve toujours à la même distance (la distance focale) de la lentille astigmatique *D* de l'objectif ; seule la durée de l'exposition, c'est-à-dire le temps nécessaire à la pose, peut varier quelque peu, l'empreinte pouvant se détacher sur un fond plus ou moins clair et être elle-même plus ou moins nette.

Lorsqu'on a besoin de changer les piles ou de nettoyer la lentille, on ouvre l'appareil, c'est-à-dire qu'on en sépare les deux compartiments, en appuyant sur le bouton *A*. Pour nettoyer ou changer les lampes, on ouvre le couvercle *N* en pesant sur le bouton *O*. Un petit tiroir *M*, logé entre les deux rangées d'éléments de pile, renferme six minuscules ampoules électriques de rechange.

On conçoit maintenant que si l'on réduisait l'ouverture de la fenêtre *K* à une fente de dimensions juste suffisantes, ou, de préférence, réglables dans les deux sens, pour n'exposer que la première phalange du doigt à la lumière de la chambre intérieure, on obtiendrait un appareil qui permettrait de photographier directement le dessin des lignes digitales, à condition, bien entendu, que ces lignes soient, au préalable, rendues plus nettes par un encrage approprié.

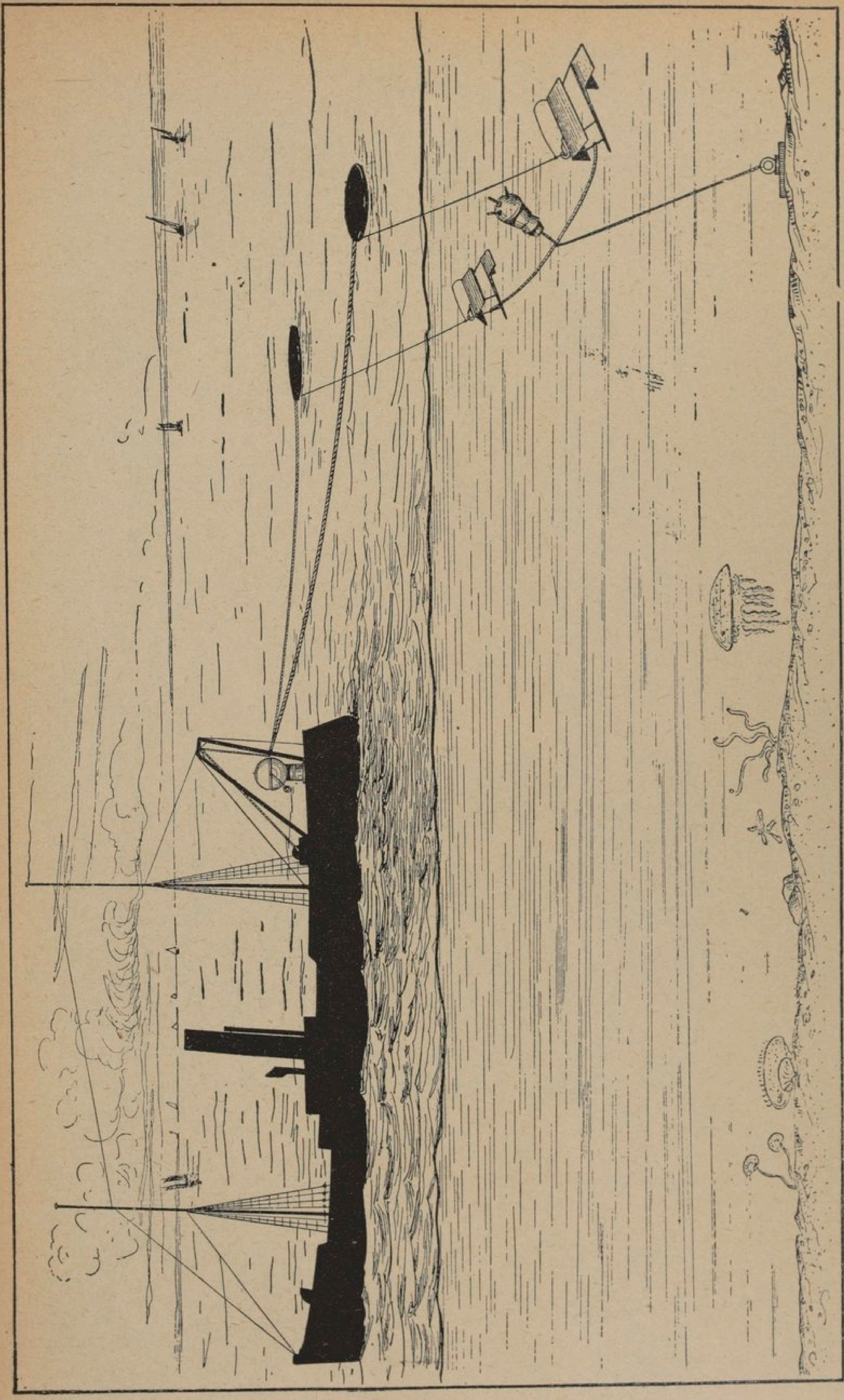


PHOTOGRAPHIE, GRANDEUR NATURELLE, D'UN ÉCHANTILLON DE DENTELLE

Sans l'aide de l'appareil spécial décrit dans cet article, une reproduction aussi fidèle serait impossible.

L'appareil peut évidemment servir à d'autres usages. Il permet d'obtenir toutes les reproductions, dans les limites de la dimension du cliché, avec une netteté et une précision de détails impossibles à réaliser avec les instruments ordinaires ; la photographie d'un échantillon de dentelle, que nous reproduisons ici, en est une preuve.

RENÉ MAISTRE.



DISPOSITIF GÉNÉRAL DE LA SONDE-SIGNAL SUÉDOISE POUR LA RECHERCHE DES MINES SOUS-MARINES

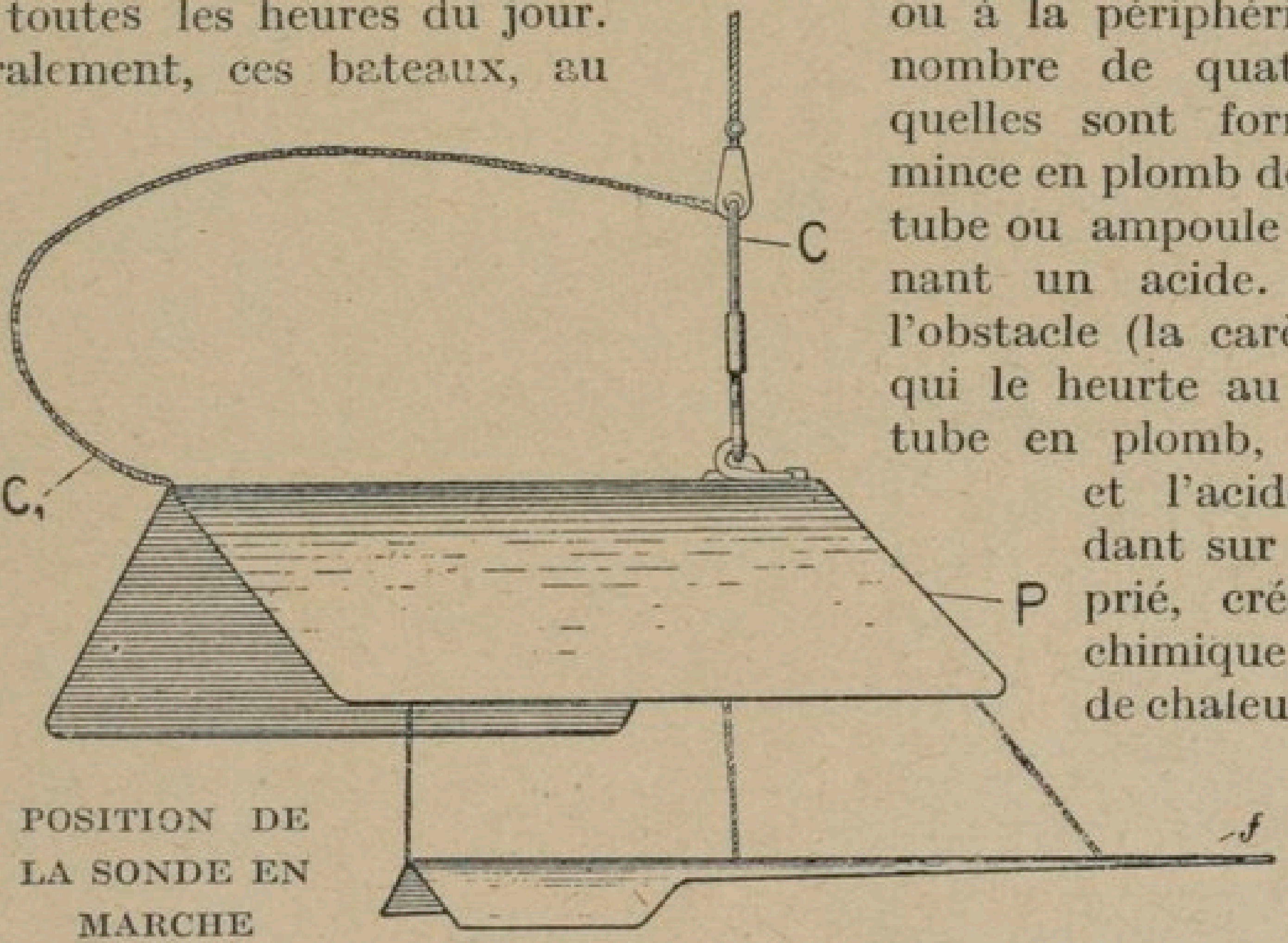
Cette composition représente le « sweep », ou câble d'acier reliant les deux appareils cerfs-volants, rencontrant une mine ennemie immergée.

LA "SONDE A SIGNAL" SUÉDOISE POUR LA RECHERCHE DES MINES SOUS-MARINES ENNEMIES

Par Clément CASCIANI

Pour débarrasser les mers empoisonnées par les mines que, depuis le début de la guerre, les Allemands ne cessent d'y semer, les marines alliées ont formé des escadrilles de bateaux, dits *minesweepers*, chargées spécialement de les rechercher et de les détruire, mission pénible et périlleuse plus que toute autre, où chaque homme — on peut dire chaque héros — risque sa vie à toutes les heures du jour.

Ils sont généralement, ces bateaux, au nombre de cinq à sept ; quatre ou six, échelonnés deux par deux, formant des couples qu'un câble d'acier relie ; c'est ce câble, dit *sweep*, qui, remorqué comme une senne par les deux unités constituant le couple, opère le balayage de la portion de mer qui s'étend entre eux. Le cinquième (ou septième) est monté par l'officier commandant le groupe ; il bat le pavillon de celui-ci et il opère de tous les côtés une active surveillance, allant et venant tout autour, en avant et en arrière, donnant des ordres au moyen de sa sirène, encourageant ou gourmandant les uns et les autres, activant du mieux qu'il peut le travail de chaque unité.



POSITION DE LA SONDE EN MARCHE

C, *câble d'attache;* C_1, *fil doublant le câble et le reliant encore à l'appareil après le décrochage de celui-ci ;* P, *plaque de l'appareil cerf-volant en forme de toit à deux pans ;* f, *flèche.*

On se souvient, sans doute, de la structure des mines (Voir, à ce sujet, l'article paru dans *la Science et la Vie*, N° 20). Les mines allemandes du plus récent modèle, rappelons-le, se composent d'un gros cylindre ovoïde en fonte ou en tôle épaisse, de 1 m. 50 de diamètre, maintenu entre deux eaux par un flotteur, d'une part, et, d'autre part, par un système particulier d'ancrage ou d'amarrage formé d'une masse de fonte dite crapaud, servant d'ancre, et d'un câble d'acier nommé orin, de longueur variable et automatiquement réglable. Elles contiennent de 200 à 400 kilos d'explosif, généralement au trinitrotoluène, et sont très puissantes.

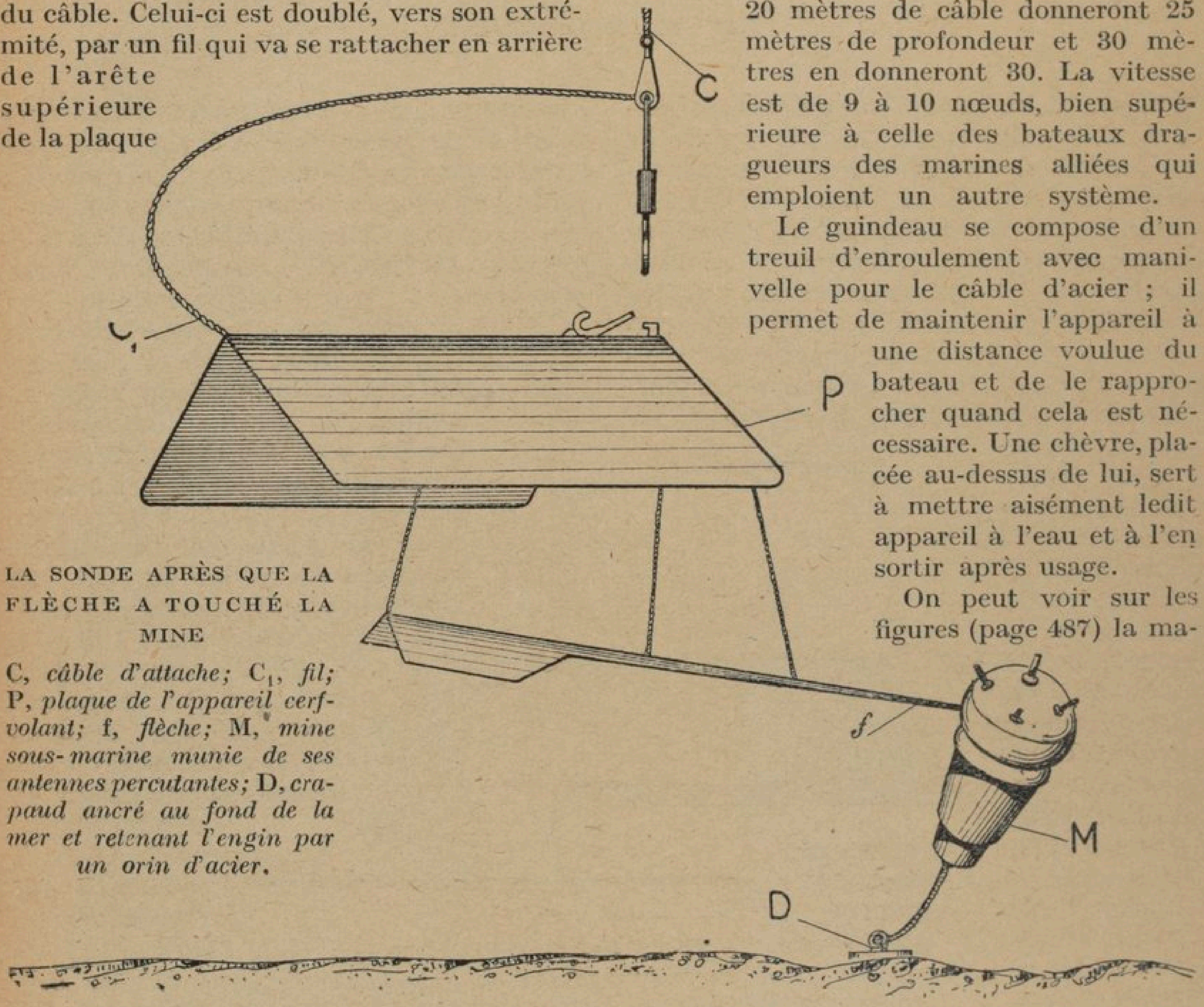
L'explosion est provoquée par un choc sur les antennes, ou cornes, placées au sommet ou à la périphérie supérieure, au nombre de quatre à sept, lesquelles sont formées d'un tube mince en plomb doublant un autre tube ou ampoule de verre contenant un acide. Le choc contre l'obstacle (la carène du bâtiment qui le heurte au passage) plie le tube en plomb, brise l'ampoule, et l'acide, en se répandant sur un corps approprié, crée une réaction chimique dégageant assez de chaleur pour enflammer l'amorce et amener l'explosion. Ou bien, l'acide, tombant sur un morceau de zinc, donne lieu, comme dans une pile, à un courant électrique produisant des étincelles qui allument instantanément l'amorce.

Le rôle du câble d'acier ou *sweep* est simplement de signaler la présence d'une mine qu'il rencontre dans son balayage sous-marin, mais il n'y parvient que difficilement et incomplètement si on l'emploie seul, et il y a grand avantage à lui adjoindre un engin spécial qui est le véritable « signaleur ».

On utilise à cet effet l'appareil suédois, dit « sonde à signal », inventé récemment pour découvrir les récifs sous-marins, les épaves, etc. Comme il ne constitue pas un secret militaire, et qu'il est d'ailleurs connu maintenant dans toutes les marines, et plus particulièrement dans la marine allemande,

nous pouvons en donner sans inconvénient la description accompagnée de dessins.

C'est une sorte de cerf-volant qu'on peut appeler aquatique ; il est traîné par le navire au moyen d'un câble d'acier rattaché au treuil d'amarrage, ou guindeau, de l'arrière. Il consiste en une plaque de métal repliée en forme de toit à deux pans, laquelle porte un crochet dans lequel est passée la boucle du câble. Celui-ci est doublé, vers son extrémité, par un fil qui va se rattacher en arrière de l'arête supérieure de la plaque en formant une grande boucle par suite de son excès de longueur. La plaque sera donc encore reliée au câble quand celui-ci aura abandonné le crochet. Sinon, elle coulerait au fond et serait perdue. Une flèche est suspendue horizontalement au-dessous de la plaque par trois petits fils ; ceux fixés à l'avant sont destinés à agir sur le crochet, par l'intermédiaire d'une serrure ou pièce à échappement. Cette flèche est dirigée à l'aide d'une petite plaque placée à son arrière et repliée, comme la précédente, en forme de toit. C'est ce petit appareil, très ingénieux, qui reçoit les chocs des écueils, épaves, ou des mines, quand on recherche ceux-ci, et qui les signale par une sonnerie sur le bateau.



LA SONDE APRÈS QUE LA FLÈCHE A TOUCHÉ LA MINE

C, *câble d'attache;* C_1, *fil;* P, *plaque de l'appareil cerf-volant;* f, *flèche;* M, *mine sous-marine munie de ses antennes percutantes;* D, *crapaud ancré au fond de la mer et retenant l'engin par un orin d'acier.*

L'instrument se maintient, grâce à sa forme, à une profondeur déterminée (3 à 12 mètres, pour la recherche des mines) tant qu'il est remorqué. Cette profondeur est en fonction de la longueur du câble de remorque. Ainsi, si la longueur dudit câble est de 9 mètres, la profondeur d'immersion sera d'environ 12 mètres ; si elle n'est que de 7 m. 50, la profondeur sera de 10 mètres environ ; 20 mètres de câble donneront 25 mètres de profondeur et 30 mètres en donneront 30. La vitesse est de 9 à 10 nœuds, bien supérieure à celle des bateaux dragueurs des marines alliées qui emploient un autre système.

Le guindeau se compose d'un treuil d'enroulement avec manivelle pour le câble d'acier ; il permet de maintenir l'appareil à une distance voulue du bateau et de le rapprocher quand cela est nécessaire. Une chèvre, placée au-dessus de lui, sert à mettre aisément ledit appareil à l'eau et à l'en sortir après usage.

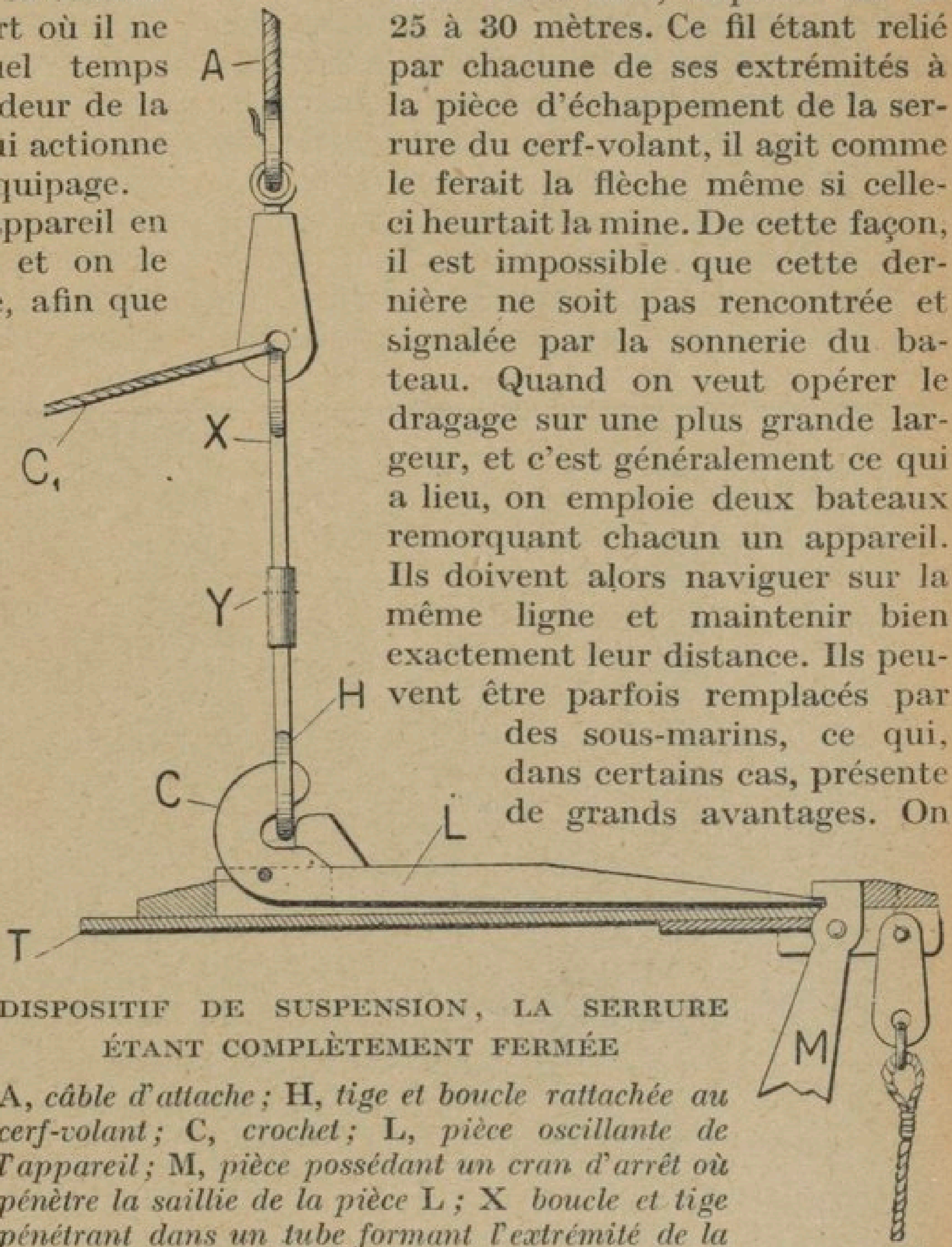
On peut voir sur les figures (page 487) la manière de fixer le cerf-volant au câble, dont la boucle qu'il porte à son extrémité est passée, comme on l'a dit plus haut, dans le crochet. Celui-ci est fixé à l'un des bouts d'une pièce de la serrure du cerf-volant, pièce pouvant osciller autour d'un centre voisin du crochet et qui porte à son autre bout une saillie pouvant pénétrer dans le cran d'arrêt d'une deuxième pièce de ladite serrure. L'ensemble est agencé de telle façon que, quand la flèche bute sur l'écueil, ou la mine, le cran d'arrêt de cette seconde pièce, qui se trouve alors actionnée par les deux petits fils de suspension de l'avant de la flèche, échappe la saillie de la première pièce, ce qui a pour effet de faire redresser celle-ci suffisamment pour que

la boucle du câble abandonne le crochet, et l'appareil n'est plus relié au câble par le fil qui double celui-ci. Par ce fait, sa tension cesse pendant le temps assez court où il ne remorque plus l'appareil, lequel temps dépend du plus ou moins de grandeur de la boucle, et c'est son *mollissement* qui actionne la sonnerie, prévenant aussitôt l'équipage.

On se hâte alors de ramener l'appareil en enroulant le câble sur le treuil, et on le hisse vite au moyen de la chèvre, afin que les fils ne se prennent pas dans l'hélice en marche du bateau.

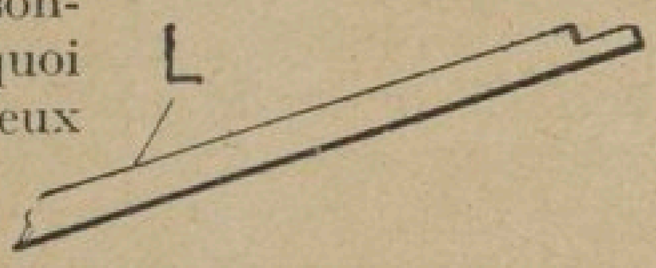
Le câble peut résister à une tension de 600 kilogrammes. Un dispositif spécial est destiné à empêcher sa rupture et la perte du cerf-volant si cette tension est dépassée. A son extrémité, il est relié à la tige de la boucle retenant le crochet (laquelle tige a, en ce point, la forme d'un tube dans lequel il pénètre) par un fil très mince d'acier traversant, dans un trou ménagé à cet effet, le tube et le bout du câble. Si la tension sur le cerf-volant devient trop forte, le fil d'acier est cisaillé, le crochet échappe, la tension du câble cesse et la sonnerie fonctionne, car elle est agencée de façon à fonctionner toujours quand le câble de remorquage n'est pas tendu.

Mais on comprend suffisamment que, pour la recherche d'un objet tel qu'une mine, de dimensions relativement petites, la flèche de l'appareil aurait bien des chances de passer à côté d'elle sans la toucher et, par conséquent, sans la signaler au moyen de la sonnerie. C'est pourquoi l'on emploie deux sondes, qui sont réunies l'une à l'autre par un fil d'acier, lequel balaye, à une profondeur déterminée, la largeur de mer située entre elles, laquelle est de 25 à 30 mètres. Ce fil étant relié par chacune de ses extrémités à la pièce d'échappement de la serrure du cerf-volant, il agit comme le ferait la flèche même si celle-ci heurtait la mine. De cette façon, il est impossible que cette dernière ne soit pas rencontrée et signalée par la sonnerie du bateau. Quand on veut opérer le dragage sur une plus grande largeur, et c'est généralement ce qui a lieu, on emploie deux bateaux remorquant chacun un appareil. Ils doivent alors naviguer sur la même ligne et maintenir bien exactement leur distance. Ils peuvent être parfois remplacés par des sous-marins, ce qui, dans certains cas, présente de grands avantages. On obtient ainsi, dans un champ de mines, un chenal libre de 500 à 600 mètres de largeur où les navires pourront passer sans danger.

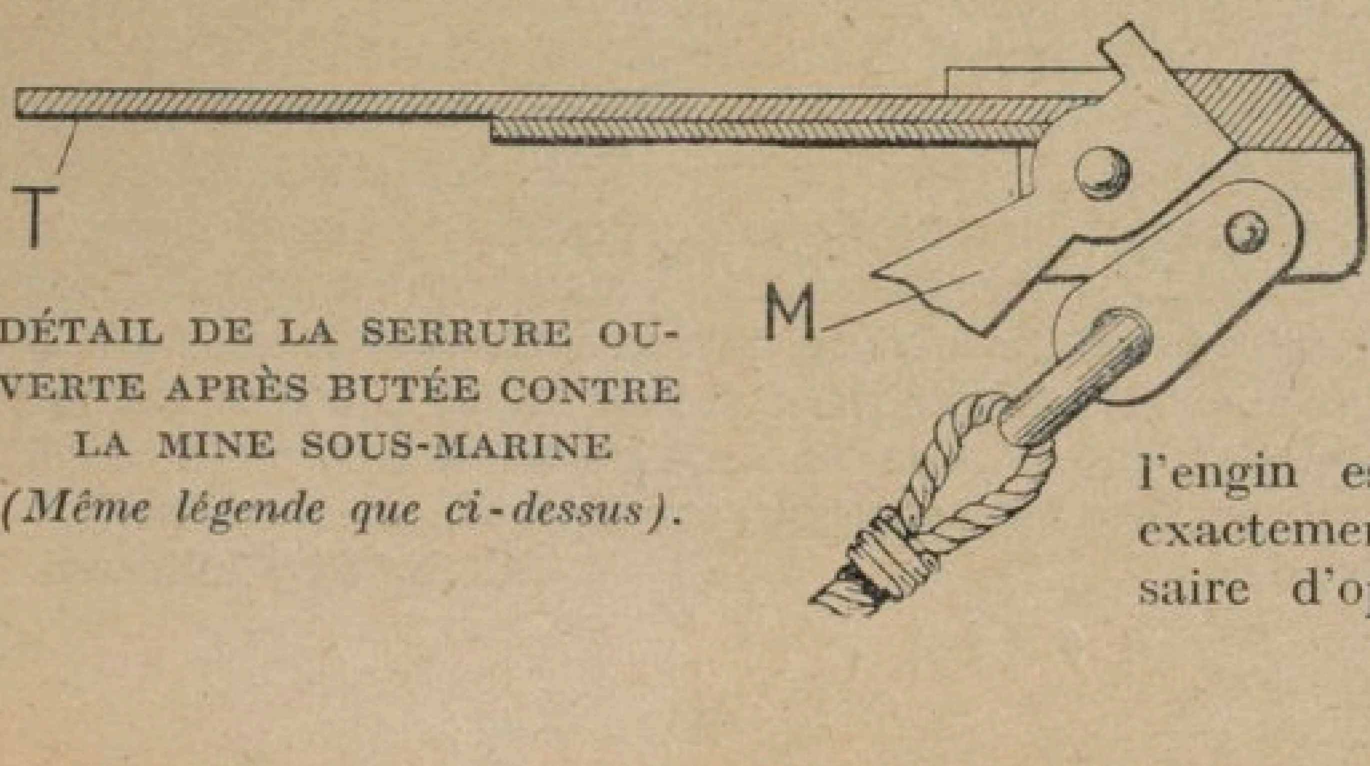


DISPOSITIF DE SUSPENSION, LA SERRURE ÉTANT COMPLÈTEMENT FERMÉE

A, *câble d'attache ;* H, *tige et boucle rattachée au cerf-volant ;* C, *crochet ;* L, *pièce oscillante de l'appareil ;* M, *pièce possédant un cran d'arrêt où pénètre la saillie de la pièce* L ; X *boucle et tige pénétrant dans un tube formant l'extrémité de la tige* H ; Y, *petit fil d'acier passé dans les trous de la tige* X *et du tube ;* C_1, *fil doublant le câble ;* T, *arête supérieure du cerf-volant-sonde.*



Chaque appareil est remorqué par son câble propre qui, du guindeau, aboutit à une bouée. Les deux bouées suivent le sillage à une trentaine de mètres à l'arrière. Dans cet agencement, quand l'un des cerfs-volants, ou le fil d'acier qui les relie (le *sweep*, ainsi qu'on l'a dit plus haut), touche la mine, tout l'appareil se détache et reste, comme une bouée ordinaire, arrêté à l'endroit où elle est mouillée. On ramène aussitôt les deux câbles, le bateau retourne chercher l'appareil de remorque, puis l'engin est examiné et son emplacement exactement repéré. C'est là qu'il est nécessaire d'opérer avec des bâtiments légers,



DÉTAIL DE LA SERRURE OUVERTE APRÈS BUTÉE CONTRE LA MINE SOUS-MARINE

(Même légende que ci-dessus).

torpilleurs, chalutiers, etc., gouvernant immédiatement et permettant l'approche à quelques centimètres près. La moindre fausse manœuvre peut faire heurter une corne, et alors c'est l'explosion effroyable qui fracasse le bateau et tue les hommes. Et ils n'ont été que trop fréquents depuis le début de la guerre, ces accidents !

Cependant, les deux bâtiments ont signalé par un coup de sirène et par la T.S.F. qu'ils ont trouvé une mine, et ils ont hissé un pavillon mi-blanc, mi-rouge. On manœuvre alors pour sectionner, à l'aide d'une cisaille spécialement agencée, le câble qui la retient à son crapaud, dès qu'elle est libre, son flotteur la fait remonter à la surface.

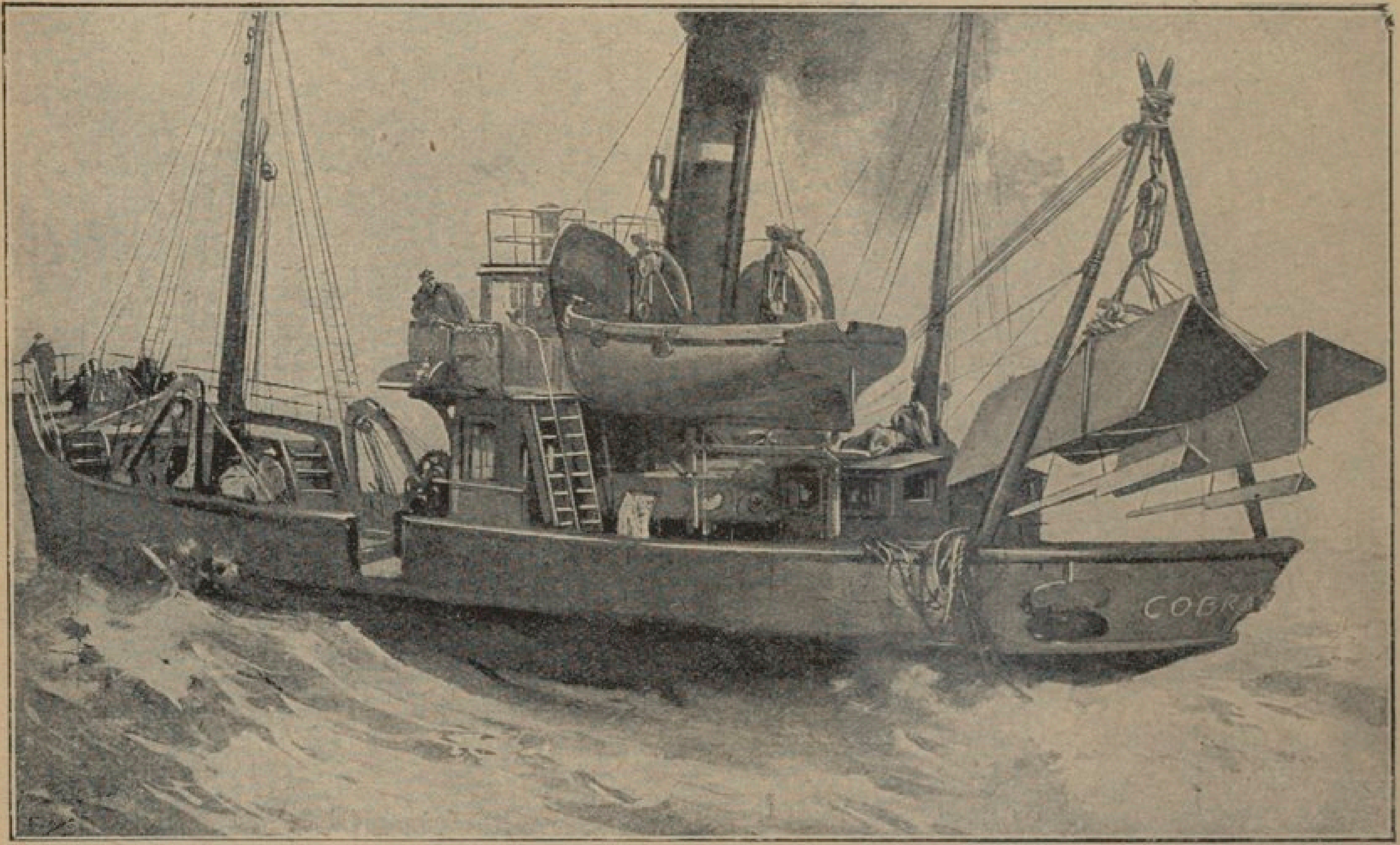
Le bateau prend ensuite du champ, et, vers 200 mètres, un tir au fusil, avec des balles particulières, est exécuté sur elle. Si l'une des balles brise une antenne, l'explosion a lieu immédiatement, sinon (leur choc étant sans effet sur l'explosif même), il faut que la grosse sphère soit criblée de trous (parfois une cinquantaine) pour que, s'emplissant d'eau, elle coule définitivement. Et le tir n'est pas toujours facile, car on ne touche pas à tous les coups sur ce but très mobile qui danse sur les vagues, surtout quand il y a un peu de mer. On utilise aussi pour ce tir un petit canon ou un canon-revolver.

Parfois, il arrive que le *sweep* touche une des cornes et provoque de suite l'explosion. On peut même la déterminer ainsi intentionnellement en manœuvrant pour accrocher avec le câble une antenne de la mine.

L'explosion est si violente que, dans un rayon de deux cents mètres et plus, les navires en sont secoués, et les hommes, quoique prévenus, et s'y attendant, en restent quelques moments effarés. Une flamme pourpre jaillit du sein des flots, une immense colonne d'eau s'élève jusqu'à une centaine de mètres et retombe comme une cataracte après avoir paru se figer un instant en l'air.

Est-ce fini ? Non, pas encore, car l'ennemi a étudié, il est savant, il connaît et il emploie toutes les ruses. Souvent la mine est double, l'une étant immergée bien au-dessous de la première, et de manière qu'elle se substitue automatiquement à celle-ci quand elle a sauté. Alors le dragueur, qui le sait, doit revenir et recommencer son travail infernal, risquer encore sa vie, comme il la risquera encore demain, après-demain, toujours, car le sous-marin allemand poseur de mines qui, suivant le type, en transporte de 14 à 34, reviendra pendant la nuit ou la suivante pondre ses œufs diaboliques, qu'il faudra de nouveau draguer et faire sauter.

CLÉMENT CASCIANI.



PHOTOGRAPHIE MONTRANT LA SONDE A SIGNAL A BORD DU NAVIRE DRAGUEUR

L'appareil est suspendu à la chèvre qui vient de le hisser hors de l'eau.

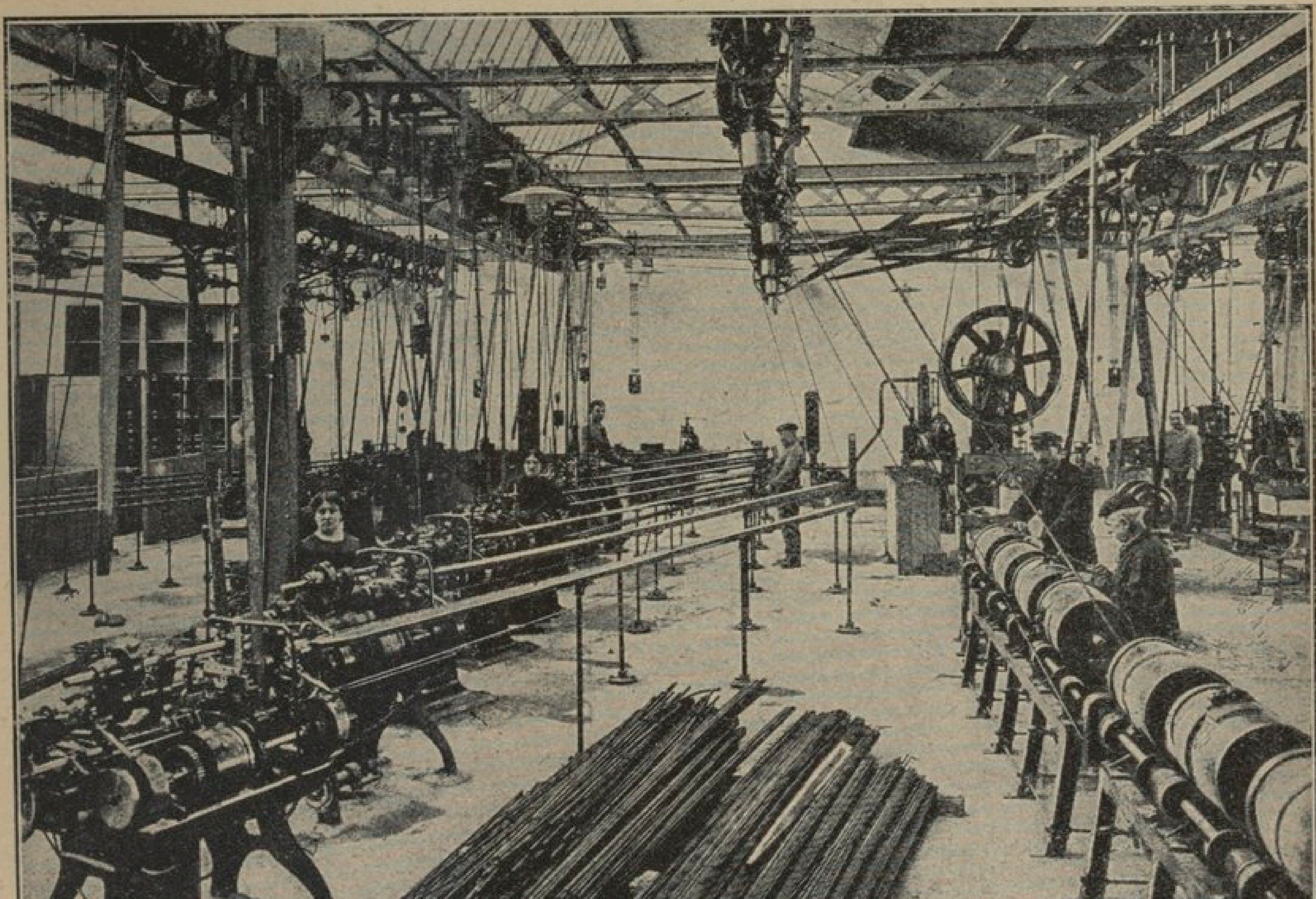
LA MÉCANIQUE AMÉRICAINE IMPOSERA-T-ELLE LES ROULEMENTS A ROULEAUX ?

Par Jean DURBOURG

INGÉNIEUR-CONSTRUCTEUR

Toutes les grandes découvertes, toutes les applications nouvelles d'un procédé scientifique se caractérisent par leur simplicité. Comme pour l'œuf de Christophe Colomb, il fallait seulement y penser. Le roulement à billes, qui a donné naissance à une véritable industrie, n'aurait su échapper à la loi commune. Ce n'est pas que la bille soit née d'hier ; les écoliers l'ont toujours connue et pratiquée. L'idée n'est pas nouvelle d'employer des corps ronds pour faciliter le déplacement d'un objet lourd et pour diminuer par conséquent l'effort du manœuvre. L'industrie américaine voudrait aujourd'hui remplacer la bille par le rouleau cylindrique.

Quand il s'est agi, pour la première fois, de déplacer un bloc de pierre posé à plat à même le sol, on se heurta à d'insurmontables difficultés ; l'adhérence des deux surfaces en contact par tous leurs points, augmentée encore par le poids de la masse en mouvement exigeait des efforts inouïs que le succès ne couronnait pas toujours. Puis on imagina



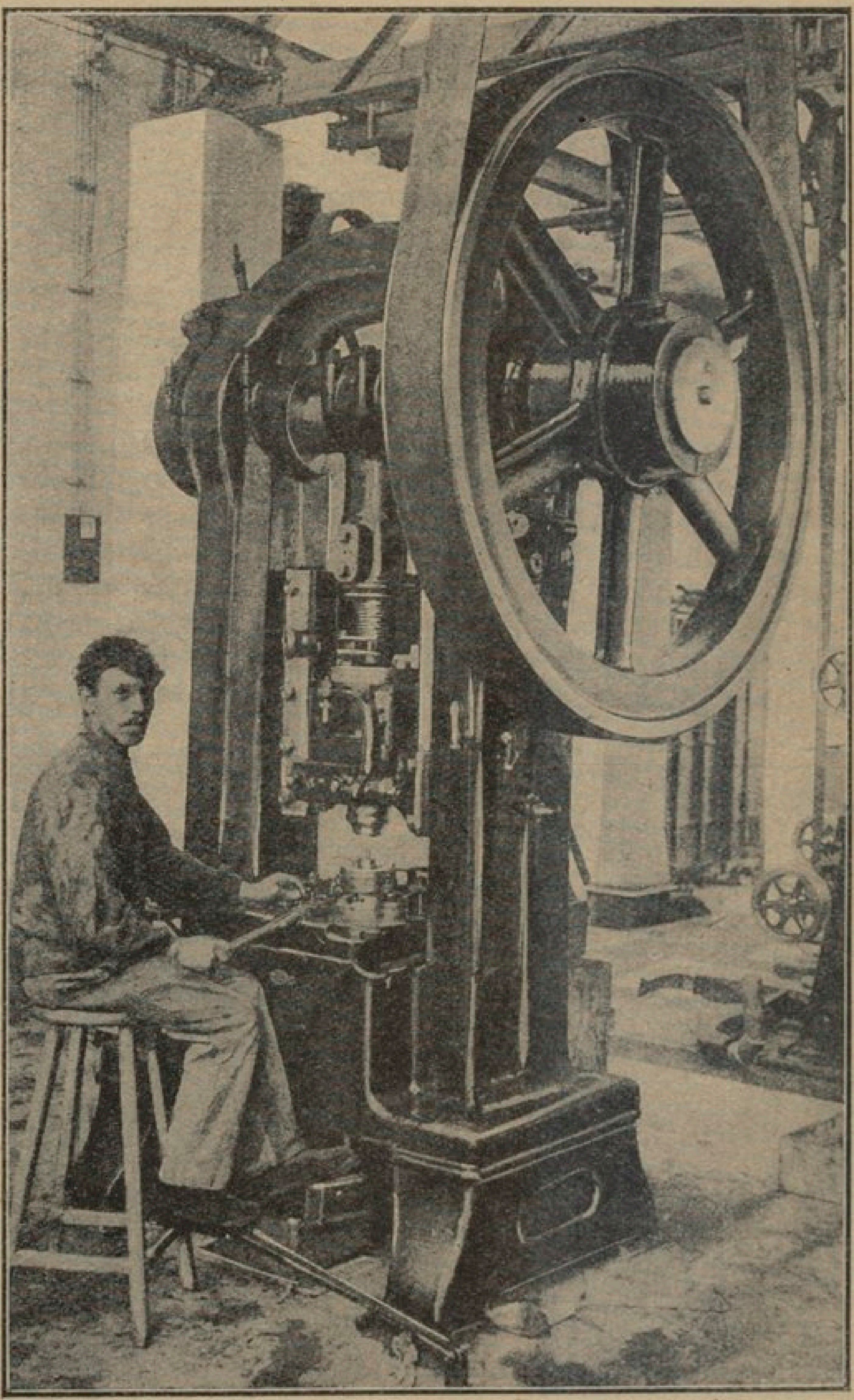
VUE GÉNÉRALE D'UN ATELIER DE FABRICATION DE BILLES D'ACIER

Les barres d'acier sont ici tronçonnées, et, sous la presse que l'on voit au fond, transformées en billes, que l'on polit ensuite dans des tambours rotatifs.

de glisser sous le bloc un rouleau fait d'un tronc d'arbre, et, aussitôt, la surface de contact étant ramenée à une simple ligne, l'adhérence et le frottement furent réduits considérablement, même à presque rien ; l'effort diminua dans les mêmes proportions.

Ce procédé que l'on emploie encore aujourd'hui dans les chantiers pour remuer les grosses pierres, dans les gares pour déplacer les lourdes et volumineuses caisses, a donné naissance à la roue, à son moyeu et, par suite, à tous les véhicules qui prennent sur la terre leur point d'appui.

Mais, plus tard, — et il n'y a pas, de cela, bien longtemps, — on s'est dit qu'en remplaçant le rouleau par une boule sphérique, on substituerait au contact d'une ligne, le contact d'un point et que, par conséquent, le coefficient de frottement se trouverait encore diminué. En réalité, le bénéfice ainsi réalisé était d'importance puisque, comme on le verra plus loin, le coefficient de frottement d'un roulement à billes est environ le dixième de celui des meilleurs paliers lisses. Le progrès en valait la peine.



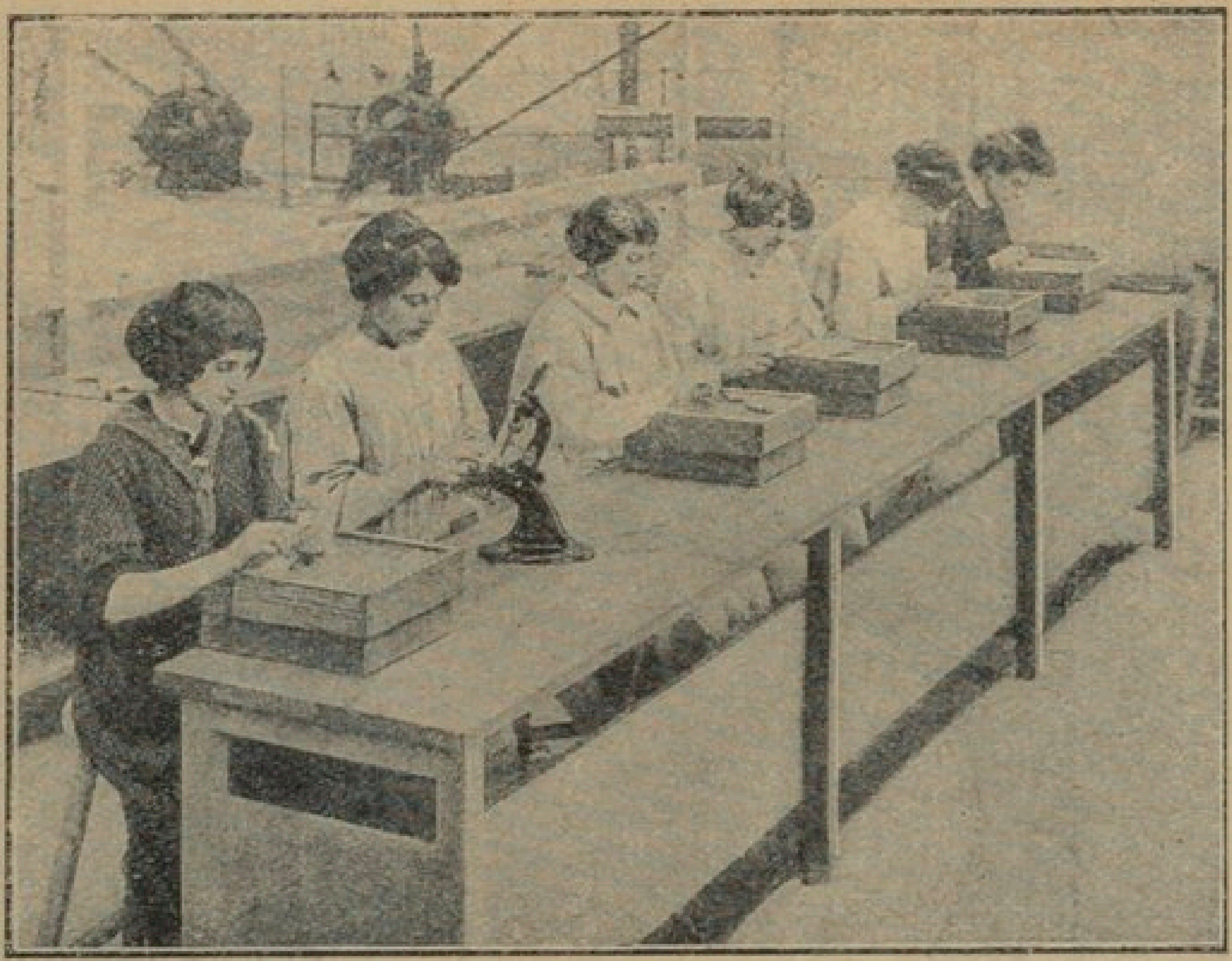
PRESSE DE 200 TONNES POUR L'ESTAMPAGE DES BILLES

Sous ce poids énorme, les tronçons de barres d'acier sont transformés en billes de différentes grosseurs.

La possibilité d'employer des billes sphériques comme surface de roulement fut indiquée, il y a trente-cinq ans environ, par l'Allemand Stribeck, qui démontra par de nombreuses expériences les immenses avantages qu'on en pouvait retirer. C'est vers cette époque, en effet, que nous voyons apparaître la bille dans l'industrie vélocipédique qui lui a dû une bonne partie de son rapide essor. On se rappelle les catalogues d'alors qui vantaient, à chaque page, leurs « directions à billes », « pédales à billes », leurs « billes partout ».

Les billes, indépendantes, se disposaient alors dans des cuvettes où elles étaient maintenues par un cône, que l'on vissait plus ou moins, afin de régler le moyeu. Aujourd'hui encore, d'ailleurs, les bicyclettes se montent de la même façon. Le bon fonctionnement de ce genre de montage dépend, on s'en doute, de l'ouvrier qui en est chargé; et l'on cite le cas — rare heureusement — du monteur à qui son chef d'atelier donne 22 billes pour le pédalier et qui, par distraction ou ignorance, en met 10 à droite et 12 à gauche. Avec les roulements tels qu'on les fabrique aujourd'hui, et qui se composent d'une rangée de billes maintenues entre deux bagues, pareille erreur est impossible.

C'est en 1900 seulement que les premiers roulements firent leur apparition sur le marché allemand ; et ce n'est que trois ou quatre ans plus tard que l'industrie française commença à s'outiller et à lutter contre la



LA VÉRIFICATION DES BILLES

On examine soigneusement les billes et l'on rejette celles qui n'ont pas une sphéricité parfaite.

redoutable concurrence étrangère. Nous avons dit plus haut que l'emploi de la bille avait puissamment contribué à l'essor de l'industrie vélocipédique; on en peut dire autant pour l'industrie automobile, dont les progrès si rapides sont dus assurément à deux facteurs, fonctions tous deux de la vitesse et du poids, le bandage pneumatique et le roulement à billes.

De ce dernier, les avantages sont nombreux et indéniables. Alors que dans les paliers à surfaces lisses, la perte par frottement est de 6 % pour les machines jusqu'à un cheval, de 4 % jusqu'à 5 chevaux et de 3 % jusqu'à 10 chevaux, la perte occasionnée par le roulement à billes représente un demi pour cent seulement de la puissance de la machine.

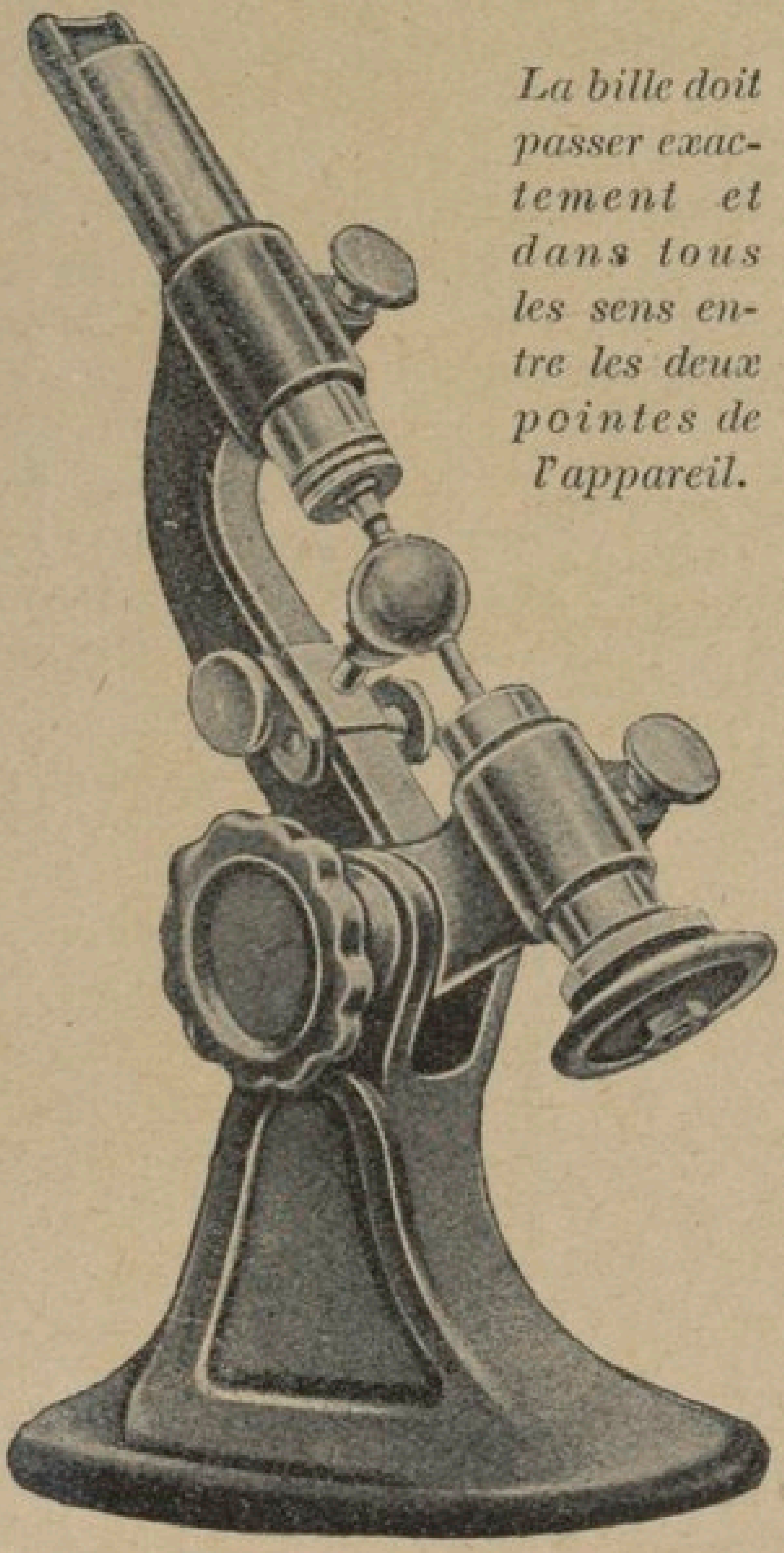
La consommation d'huile est, pour ainsi dire, insignifiante; elle est le quinzième de celle d'un palier à graisseur annulaire et le graissage a besoin d'être renouvelé à peine tous les mois.

L'absence presque complète de frottement a l'avantage de diminuer l'usure dans les mêmes proportions.

De dimensions restreintes, le roulement à billes occupe peu de place dans les machines où l'encombrement joue un rôle important.

Enfin, formant un tout complet, le roulement annulaire peut être monté, remplacé sans peine, avec autant de facilité que s'il s'agit d'un palier ordinaire.

Ces avantages ont été, cela s'explique, appréciés par l'industrie qui a adopté le roulement à billes et en a multiplié les applications. L'automobile fut la première cliente; elle y trouvait la possibilité de disposer, avec un même moteur, d'une puissance plus grande à la jante des roues ou la facilité de transporter une charge plus élevée. Bientôt, les autres branches de l'industrie suivirent le mouvement; dynamos, moteurs électriques, turbines, essoreuses, ventilateurs, tous appareils mécaniques tournant à de grandes vitesses sont munis désormais de roulements et de butées à billes. Dans un avenir prochain, les expériences en cours permettent d'espérer que les puissantes machines à vapeur, les lourdes et rapides locomotives seront, elles aussi, tributaires de la bille.



La bille doit passer exactement et dans tous les sens entre les deux pointes de l'appareil.

LE MINIMÈTRE COMPENSATEUR

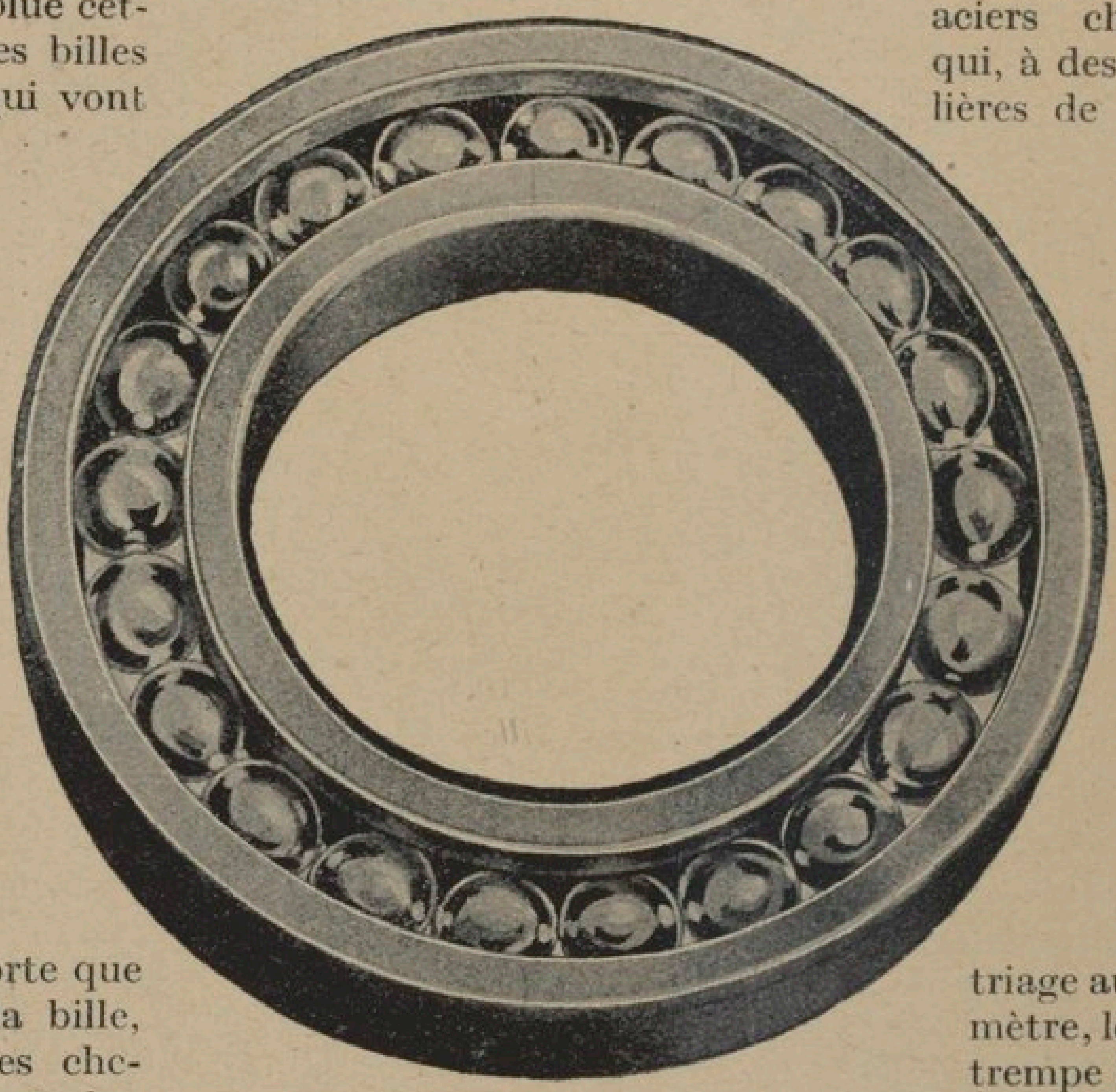
Suivant la qualité du métal, la charge de rupture, en kilos, des billes d'acier trempé peut facilement varier de 3.500 à 4.500 fois le carré de leur diamètre exprimé en centimètres.

La charge admissible dans les roulements annulaires est, suivant les vitesses qui les animent, de 40 à 200 fois le carré du diamètre.

Mais combien cette industrie nouvelle, et dans laquelle nous ne craignons plus de rivaux, demande un outillage perfectionné, une surveillance constante, une minutie portée à ses dernières limites, des ouvriers habiles et scrupuleux, des vérifications nombreuses, des matériaux parfaits! Sans vouloir entrer dans tous les détails de la fabrication, qui comporte, d'ailleurs, pas

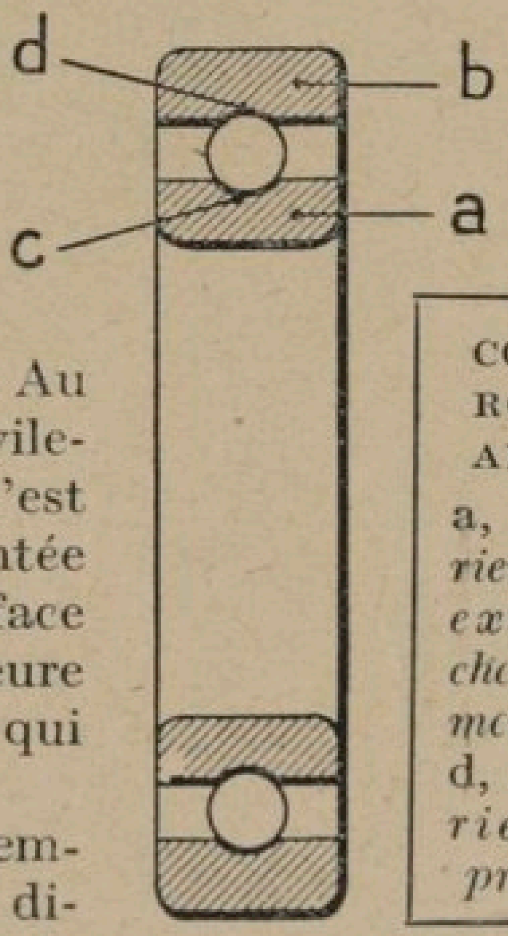
mal de tours de mains que chaque constructeur prétend garder secrets et auxquels il attribue la supériorité de ses produits il sera bon de passer une revue rapide des phases par lesquelles évolue cette fabrication des billes et des bagues qui vont les contenir.

Le roulement à billes est un organe mécanique composé de deux bagues concentriques entre lesquelles court une rangée de billes maintenues en place par deux chemins creusés l'un à l'intérieur de la bague extérieure, l'autre à l'extérieur de la bague intérieure, de telle sorte que le diamètre de la bille, engagée dans ces chemins, est légèrement plus grand que la distance qui sépare les bagues. Cet organe transmet des charges importantes, souvent même considérables, d'une surface mobile à une surface fixe (bagues) par l'intermédiaire de billes d'acier interposées.



ROULEMENT A BILLES A SÉRIE COMPLÈTE
Les billes, introduites à force entre les deux bagues, roulent presque sans jeu dans les chemins de roulement.

Si nous considérons une roue de voiture, la partie fixe sera la bague intérieure montée sur le moyeu et la surface mobile, la bague extérieure solidaire de la roue, celle-ci tournant autour du moyeu en s'appuyant sur les billes. Au contraire, s'il s'agit du vilebrequin d'un moteur, c'est la bague intérieure montée sur l'arbre qui sera la surface mobile et la bague extérieure formant, cette fois, palier qui sera la surface fixe.



COUPE D'UN ROULEMENT ANNULAIRE
a, *bague intérieure ;* b, *bague extérieure ;* c, *chemin de roulement intérieur ;* d, *chemin extérieur, moins profond que* c.

Suivant les charges, on emploie des roulements de dimensions appropriées, quelque fois même des roulements à double rangée de billes, la résistance de ceux-ci augmentant dans la proportion de 70 à 120, chiffres qui représentent le nombre de kilogrammes qu'un roulement composé de 14 billes de 8 millimètres peut supporter, à une vitesse de 3.000 tours par minute.

Pour les billes et les bagues, on emploie des aciers chromés spéciaux qui, à des qualités particulières de résistance, ajoutent celle de conserver une élasticité relative, indispensable, au bon fonctionnement du roulement.

Les billes sont prises dans une barre d'acier découpée en tronçons qu'une presse de 200 tonnes estampe et rend sphériques. Puis, deux vérifications, séparées par un triage au 1/100e de millimètre, les conduisent à la trempe (trempe à cœur) d'où elles sortent pour de nouvelles vérifications. L'une de ces dernières est tout au moins originale et ingénieuse : la bille tombe d'un mètre de haut environ sur une plaque de métal, sorte de tremplin qui la fait rebondir et tomber dans un grand récipient si elle est trempée à point, en dehors, si la trempe n'est pas réussie.

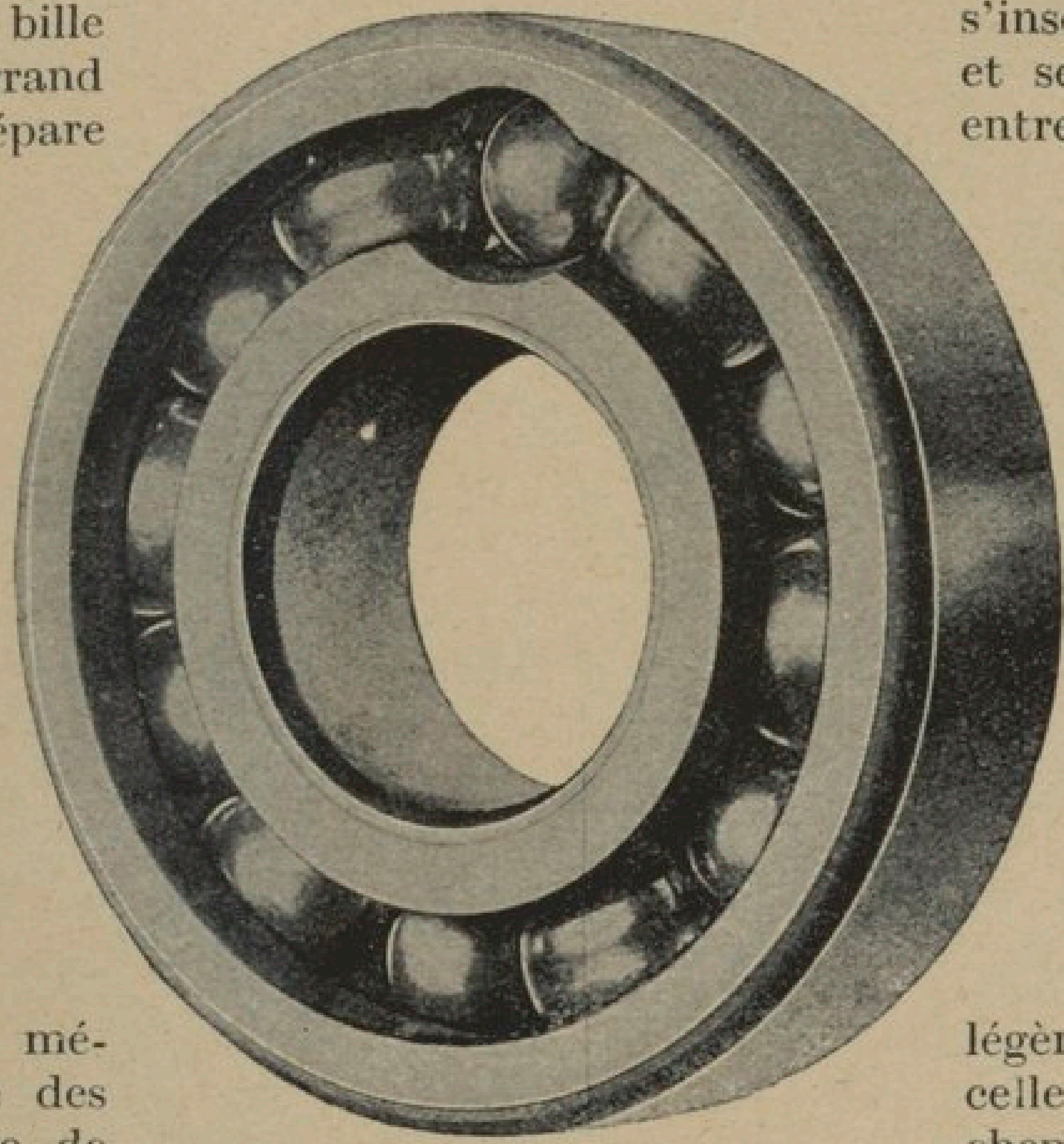
A cette période de la fabrication, les billes reconnues admissibles passent dans des séries de tambours rotatifs où, brassées avec des matières spéciales, elles finissent par acquérir le poli le plus brillant. Une fois terminées, on les contrôle, au point de vue diamètre et sphéricité, par déplacement entre les pointes d'un minimètre comparateur (les différences devant être inférieures à 0.002 mm.), au point de vue défauts de surface, par examen sous un jet de vapeur d'eau qui met immédiatement ces défauts en évidence.

Les bagues de roulement donnent lieu à autant d'opérations similaires et aussi méticuleuses. Extraites de barres, de galets ou de tubes suivant les dimensions, elles passent dans l'atelier des tours qui dres-

sent les faces, font les alésages, creusent les chemins; puis mêmes vérifications, mêmes contrôles minutieux, avant et après la trempe à cœur, que pour les billes d'acier.

Nous avons dit plus haut que le diamètre de la bille est légèrement plus grand que la distance qui sépare les bagues; il égale, à une infime tolérance près, l'espace compris entre les fonds des chemins de roulement. Donc, à première vue, loger entre les bagues la totalité des billes nécessaires semble un problème insoluble. Divers procédés ou tours de main permettent cependant de venir à bout de cette difficulté.

Certains fabricants ménageaient dans l'une des bagues une ouverture de remplissage que l'on fermait, après le passage des billes, au moyen d'une vis faisant partie intégrante du chemin de roulement. Ce dispositif avait de grands inconvénients : affaiblissement de la bague à l'endroit de l'ouverture; desserrage possible de la vis et, par suite, détérioration des billes à leur passage sur la partie brisée de la bague. Aussi ce procédé fut-il abandonné et remplacé par le système des cages qui, comme on le verra plus loin, n'employant qu'un plus petit nombre de billes, permet d'introduire celles-ci sans trous ni encoches. On ne peut, en effet, sans artifices particuliers, glisser entre les deux bagues qu'un peu plus de la moitié d'une série complète de billes ; la cage, d'un diamètre approprié, vient alors s'inscrire dans le roulement et ses griffes s'intercalant entre les billes, prennent la place de celles que l'on aurait pu y introduire (V. au bas).

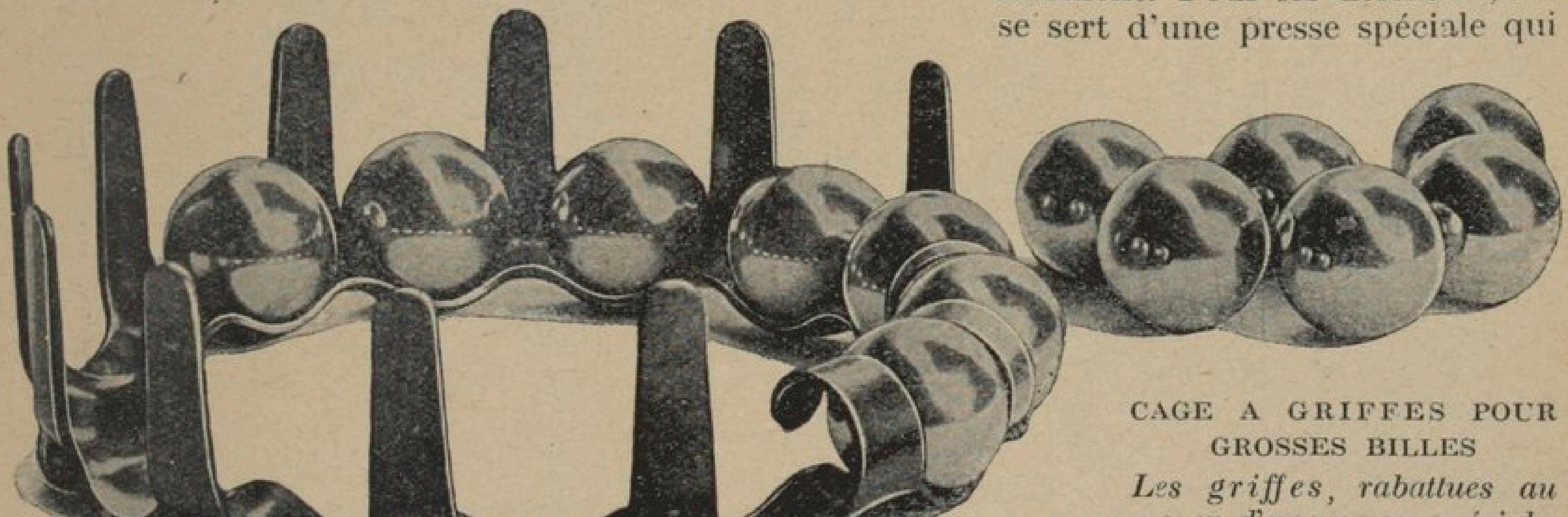


ROULEMENT ANNULAIRE A ENCOCHES

Chaque anneau porte latéralement un léger évidement. Ces deux évidements, mis en regard l'un de l'autre, permettent de faire passer les billes.

Les roulements *MaB* possèdent sur chaque anneau, latéralement, une petite encoche, moins profonde que le chemin de roulement. Quand les deux encoches sont en regard l'une de l'autre, elles ne permettent pas encore le passage facile de la bille, mais une légère pression exercée sur celle-ci la pousse jusqu'au chemin de roulement, grâce à l'élasticité des bagues, qui se prêtent à une déformation momentanée.

Autre procédé chez *RBF*. Ici, aucune vis, aucune encoche ; une simple différence dans le creux du chemin de roulement, celui de la bague extérieure étant moins profond que celui de la bague intérieure et ayant une de ses arêtes abattue. Les premières billes s'introduisent aisément. Pour les dernières, on se sert d'une presse spéciale qui permet de basculer la bague extérieure que l'on a préalablement chauffée et dilatée. Grâce à ce désaxement, les dernières billes passent, puis le refroidissement rend au



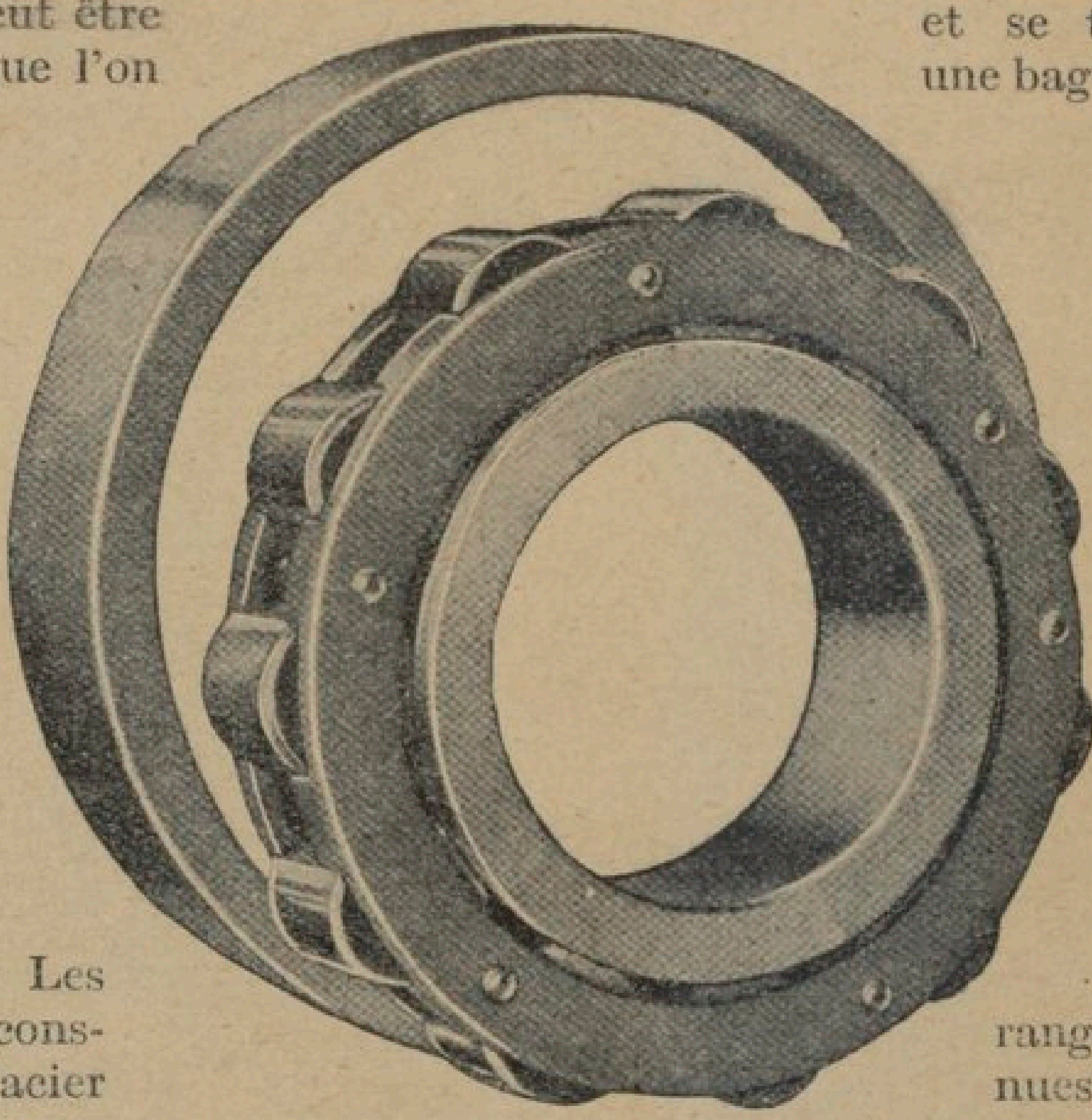
CAGE A GRIFFES POUR GROSSES BILLES

Les griffes, rabattues au moyen d'une presse spéciale, maintiennent entre les billes une distance régulière.

roulement sa forme et sa parfaite rigidité.

Dans tout roulement, on laisse un certain jeu entre les billes pour éviter des coincements et des frottements nuisibles au rendement ; mais ce jeu peut être une cause de bruit que l'on atténue à l'aide du système des cages Certaines cages consistent en un ressort que l'on intercale entre les billes, dont le nombre se trouve ainsi diminué.

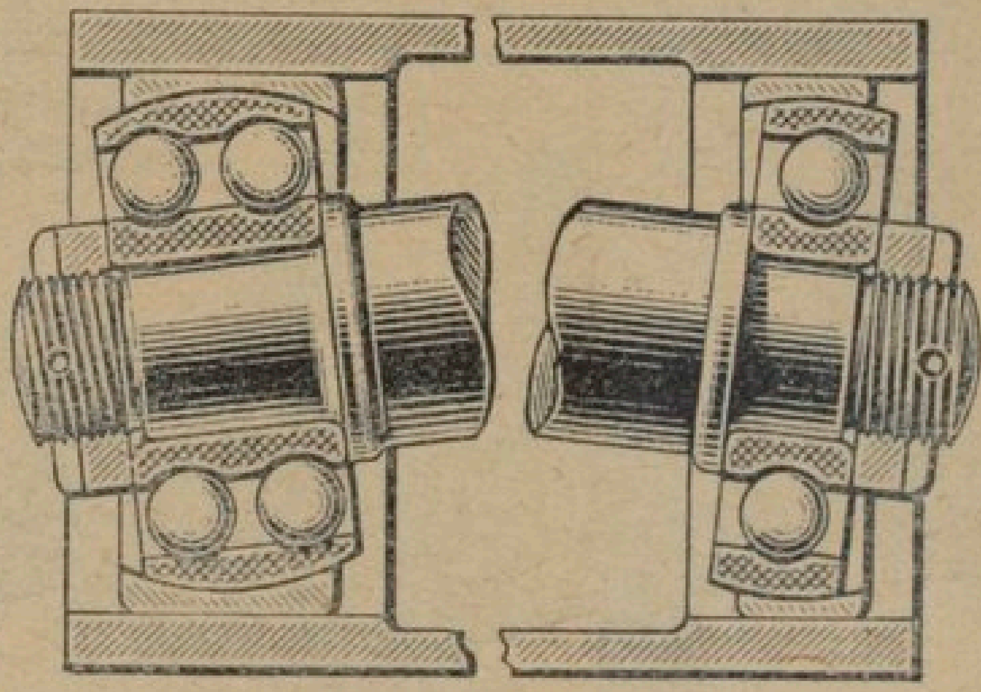
Il y a aussi les cages à griffes et les cages à alvéoles. Ces dernières sont formées de deux joues annulaires en tôle, rivées l'une à l'autre et portant des logements emboutis. Les cages à griffes sont constituées par une tôle d'acier doux, découpée en forme de couronne dont les pointes sont rabattues à la presse entre les billes, qui restent néanmoins libres dans leur mouvement de rotation. Ainsi isolées, les billes ne peuvent plus, dans leur course, retomber l'une sur l'autre et toute cause de bruit se trouve, par ce procédé, complètement supprimée.



UN ROULEMENT HOFMANN A ROULEAUX

Ce roulement, facilement démontable, est destiné à supporter de lourdes charges.

On construit des roulements à double rangée de billes qui, moins encombrants que deux roulements conjugués, ont un rendement supérieur de 80 % à celui des dispositifs à une seule rangée, et des roulements dans lesquels les billes sont remplacées par des rouleaux construits d'après les mêmes principes. Ces derniers roulements, dont le rendement est encore supérieur, comportent des chemins établis suivant une gorge à fond plat pour la bague intérieure, tandis que la surface interne de la bague extérieure présente une convexité extrêmement légère. Ces rouleaux sont maintenus efficacement par des cages annulaires reliées par des entretoises.



ROULEMENT A BILLES A ROTULE

A simple ou double rangée de billes, ce roulement permet de rattraper un défaut de parallèles sur les arbres.

Quand on a des doutes sur la perpendicularité des axes, sur les plans d'appui, ou si on craint des flexions d'arbre, on emploie les roulements à rotule dont la bague intérieure est taillée suivant une courbure sphérique et se trouve inscrite dans une bague fixe de courbe semblable. De la sorte, la pression radiale s'effectuera toujours normalement. Pour lutter contre l'effort axial et les pressions latérales, on a la « butée à billes. »

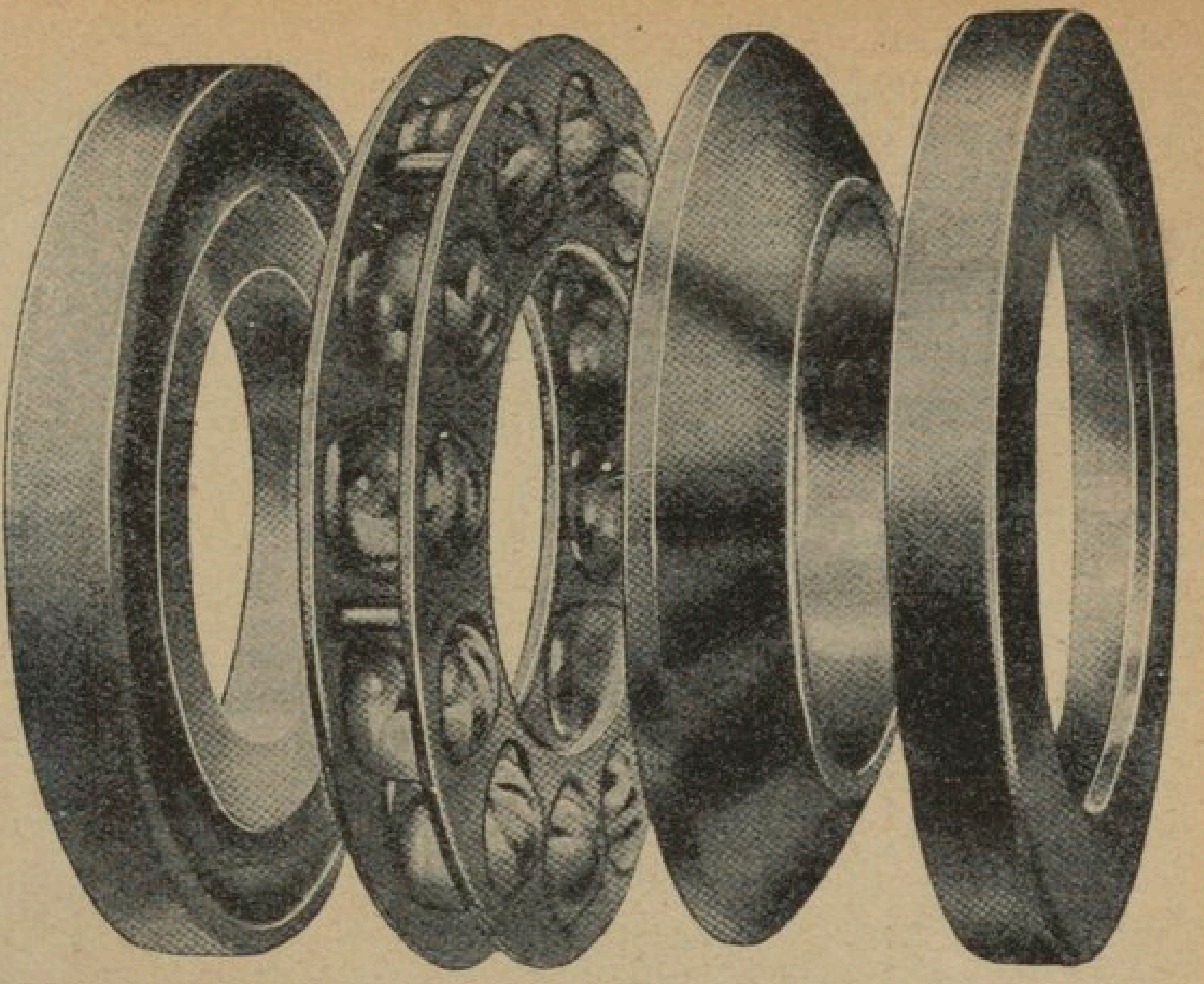
Celle-ci se compose de deux rondelles de mêmes dimensions, présentant chacune un chemin de roulement sur une de leurs faces et entre lesquelles s'intercalera une rangée de billes maintenues par une double cage que des entretoises rendent rigide. Une de ces rondelles a généralement une de ses faces taillée en forme de sphère, de façon à pouvoir se déplacer en rotule dans la contre-plaque de butée, qui présente la même forme, mais en creux. En cas de poussée latérale se produisant dans les deux sens, on emploiera une butée double, dont les deux rondelles sont taillées sphériquement sur toute leur face extérieure.

Roulement et butée se complètent donc et se trouvent accolés dans la plupart des montages d'organes mécaniques. Pour diminuer leur encombrement, on a imaginé un roulement qui les contient tous les deux : le Duplex. Sous un plus petit volume, et en silence, il fait à la fois office de roulement et de butée.

Tels sont les divers systèmes dont nous disposons en France ; mais l'industrie américaine qui, depuis ces dernières années, a introduit chez nous une quantité considérable de véhicules automobiles, a amené avec eux un nouveau système de roulements dits « à rouleaux », dont il convient

que nous disions quelques mots puisque, désormais, nous aurons à les connaître et également à nous en servir.

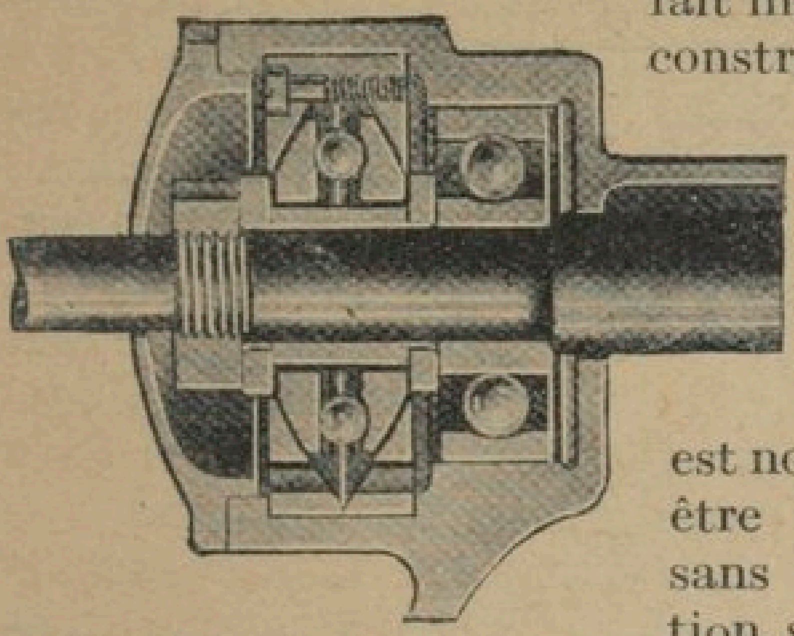
Leurs inventeurs réclament pour ces roulements à rouleaux coniques des avantages spéciaux. Ce n'est pas que leur fabrication soit plus facile ni moins ingrate ; ils exigent, pour le moins, autant de précision, de soins, de vérifications et de contrôles que les roulements à billes, car, aussi bien que pour celles-ci, les diamètres respectifs des rouleaux doivent être, sans tolérance aucune, exactement égaux. La plus petite inégalité ferait supporter toute la charge par le rouleau possédant le plus grand diamètre; il y aurait alors écrasement.



TYPE DE BUTÉE A CUVETTE SPHÉRIQUE

Cette butée, dont une cuvette taillée sphériquement fait l'office de rotule, admet une légère torsion de l'arbre sur lequel elle est montée. Les billes sont retenues dans des cages à alvéoles.

Leur mérite consiste à pouvoir supporter à la fois la charge radiale et la charge axiale, à être, en somme, à la fois roulement et butée. En outre, du fait même de leur construction, ces roulements sont réglables, et leur usure, si elle est normale, peut être rattrapée sans complication, sans démontage.

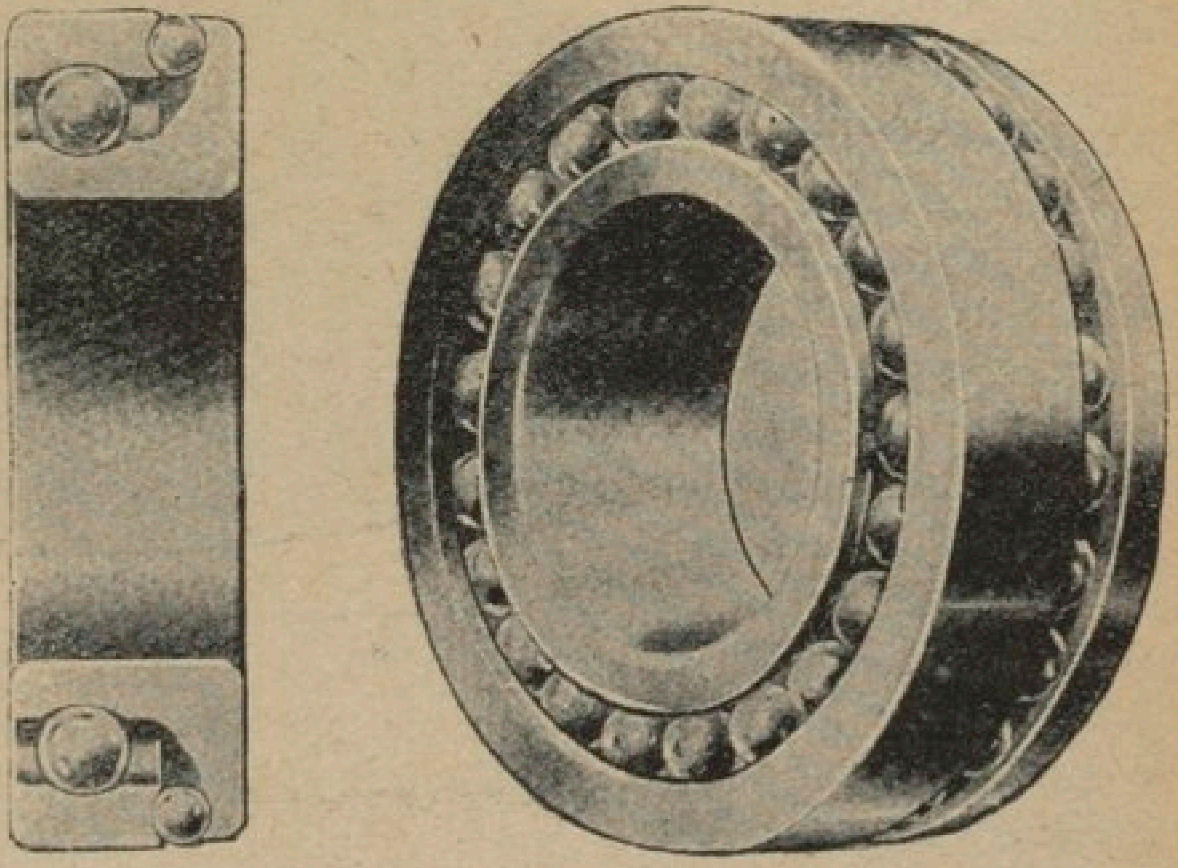


EXEMPLE DE MONTAGE SUR UN ARBRE

Ce montage comporte un roulement à billes pour la poussée radiale et une butée double pour la poussée axiale dans les deux sens.

Les roulements à rouleaux coniques « Timken », les premiers en date, revendiquèrent ces qualités qui leur ont valu leur succès en Amérique, où l'on essaye avant tout de faire autre chose, et aussi de faire mieux que ce qui se fait sur le vieux continent.

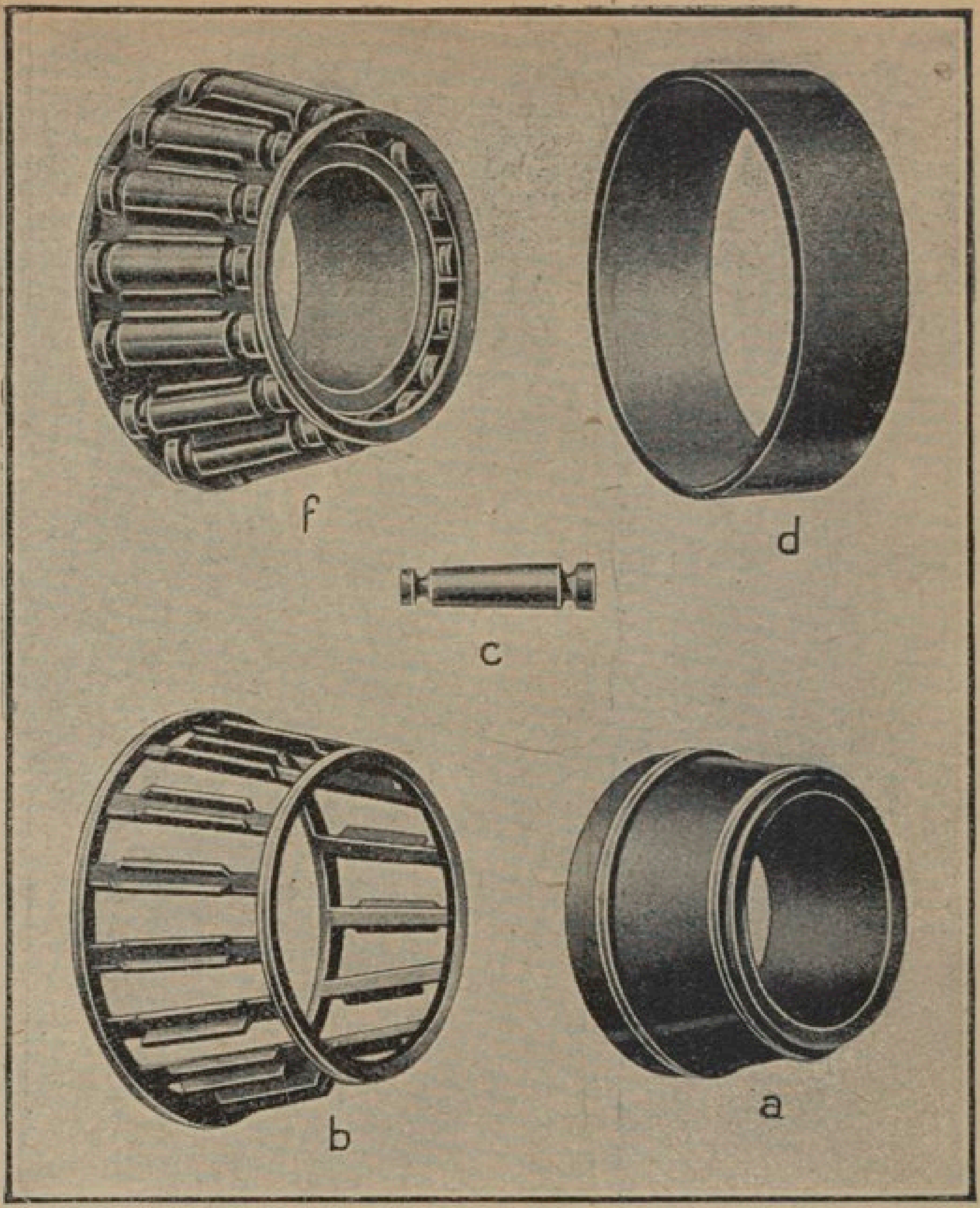
Ce n'est pas qu'il n'existe aux Etats-Unis des roulements à billes semblables à ceux qui se fabriquent en France ; nous pourrions citer vingt noms différents de marques dont les produits donnent satisfaction à qui les emploie. Mais la crainte de rester tributaire de l'étranger hante l'ingénieur américain et l'incite à chercher des moyens et procédés originaux lui permettant, avant tout, de créer une industrie nationale. C'est ainsi que, pour l'allumage des moteurs à explosion, par exemple, nous le voyons s'efforcer de remplacer la magnéto, d'origine allemande, par une dynamo que le moteur actionne et qui recharge constamment une batterie d'accumulateurs. Ceux-ci, à leur tour, provoquent l'étincelle dans les cylindres, éclairent phares et lanternes et servent à mettre en marche le moteur lui-même. Pour la même raison,



ROULEMENT ET BUTÉE COMBINÉS

Ce roulement, dénommé « Duplex », permet de supporter à la fois les poussées radiale et axiale.

l'ingénieur américain cherche à remplacer la bille, adoptée par l'Europe, par le rouleau cylindrique ou tronconique.

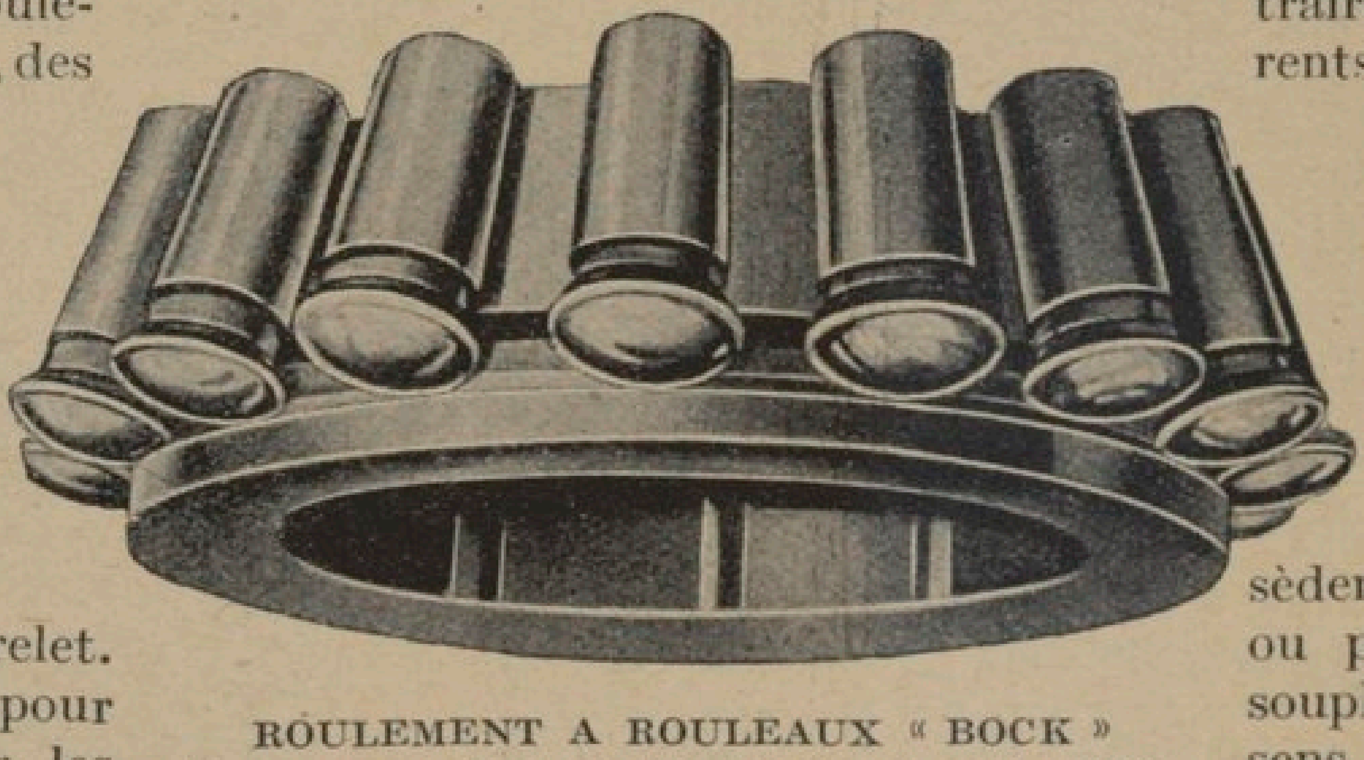


ROULEMENT A ROULEAUX « TIMKEN »

a, *bague conique intérieure munie de ses épaulements formant chemin de roulement ;* b, *cage métallique servant de logement aux rouleaux ;* c, *rouleau ;* d, *bague conique extérieure ;* f, *le roulement complètement monté.*

Le roulement Timken se compose d'un cône ou bague intérieure sur lequel viennent se loger les rouleaux, de forme tronconique eux-mêmes, dans un chemin de roulement dont le profil a été tracé spécialement pour les recevoir. Ces rouleaux sont contenus dans une cage d'acier embouti, d'une seule pièce. Une bague extérieure ou cuvette de forme conique également à l'intérieur, enveloppe et maintient le tout. Les formes de ces parties en contact sont telles que les génératrices des surfaces de roulement de la cuvette, des rouleaux et du cône se coupent en un même point de l'axe central. A chaque extrémité du chemin de roulement du cône intérieur est ménagé un épaulement ou bourrelet. Ces bourrelets ont pour but de maintenir les rouleaux en place et de les empêcher de s'écarter de leur position normale par rapport à l'axe du coussinet. Ils constituent les bords du chemin de roulement. La poussée axiale est supportée par les surfaces coniques de la cuvette et du cône. Ces roulements donnent surtout de bons résultats dans les moyeux des roues avant des automobiles et dans l'appareil de direction.

Il est un autre roulement américain, le « Bock », qui est conçu à peu près sur les mêmes données, mais ici une des extrémités des rouleaux est taillée en forme de sphère, de façon que, s'appuyant sur le bourrelet du cône intérieur, elle y roule et s'y appuie absolument comme le ferait une bille sur une butée ordinaire.



ROULEMENT A ROULEAUX « BOCK »

Dans ce roulement, les rouleaux sont taillés à l'une d'une de leurs extrémités en forme de sphère, de façon à leur donner l'avantage de la butée.

Enfin, le roulement Hyatt est également très employé dans les voitures américaines, surtout dans les modèles à bon marché. Celui-ci, au contraire de ses concurrents, ne se réclame nullement de la mécanique de haute précision. Les rouleaux, en ruban d'acier, ressemblent absolument à un ressort à boudin plat. Ils possèdent donc élasticité, ou plus exactement souplesse, dans les deux sens, sous la poussée radiale et sous la poussée axiale. Ils sont rivés deux par deux, parallèlement, sur deux colliers latéraux et maintenus en place par des axes intérieurs. Une bague extérieure enferme l'ensemble des rouleaux. Cette

bague est fendue en V, suivant son axe, de façon à pouvoir être introduite et maintenue par pression dans le palier réservé au roulement. Tout l'ensemble est noyé dans la graisse.

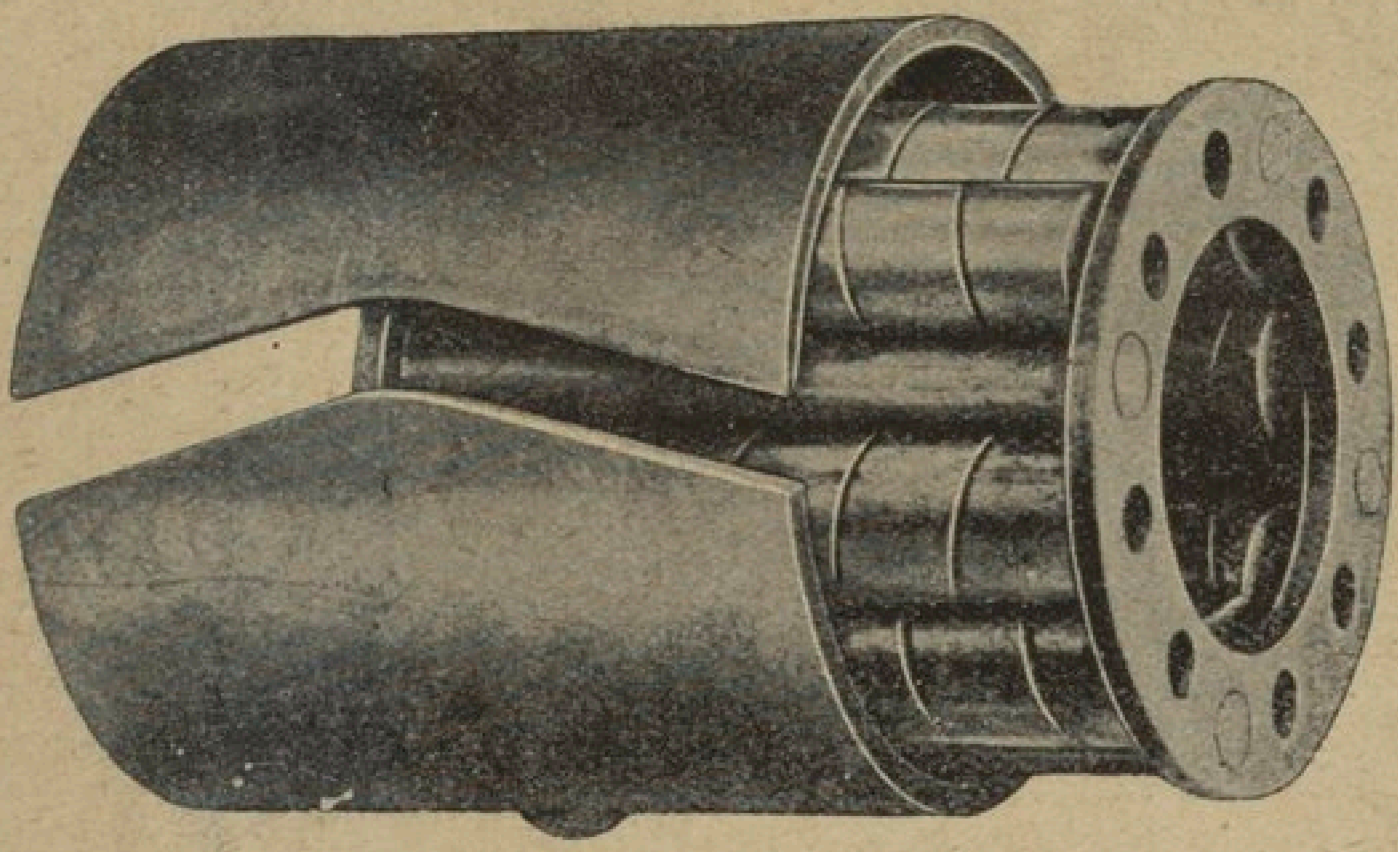
Ces roulements, toujours accompagnés d'une butée, sont employés notamment dans la construction des ponts arrière des voitures automobiles où ils supportent les différents arbres de transmission qui relient soit le changement de vitesse au couple conique, soit le différentiel au moyeu des roues. Et ce roulement, tout fruste, tout mal fini qu'il soit, doit, sans aucun doute, pour être ainsi employé par centaines de mille, avoir donné d'excellents résultats. Son prix, qui ne saurait être élevé, est certainement une des principales causes de son extraordinaire succès.

D'ailleurs, le constructeur américain ne s'effraie pas de solutions que les nôtres semblent redouter. C'est ainsi que, dans ces automobiles à bon marché dont plus d'un million paraissent annuellement sur le marché des Etats-Unis, les moyeux des roues avant sont tout simplement montés comme de vulgaires moyeux de bicyclettes : des billes libres entre un cône et une cuvette dont on règle le serrage au moyen d'un écrou. Et ces voitures ne s'en trouvent pas plus mal pour cela.

Alors si, finis ou non, chers ou bon marché, conçus et fabriqués de façons diamétralement opposées, les délicates billes européennes ou les roulements américains donnent les mêmes résultats, la question se pose : où est la vérité, chez nous ou au delà de l'Atlantique ? Pensons qu'elle est, à la fois, des deux côtés de l'Océan puisque nos produits, infiniment plus chers, font toujours prime chez nos concurrents, aujourd'hui nos alliés.

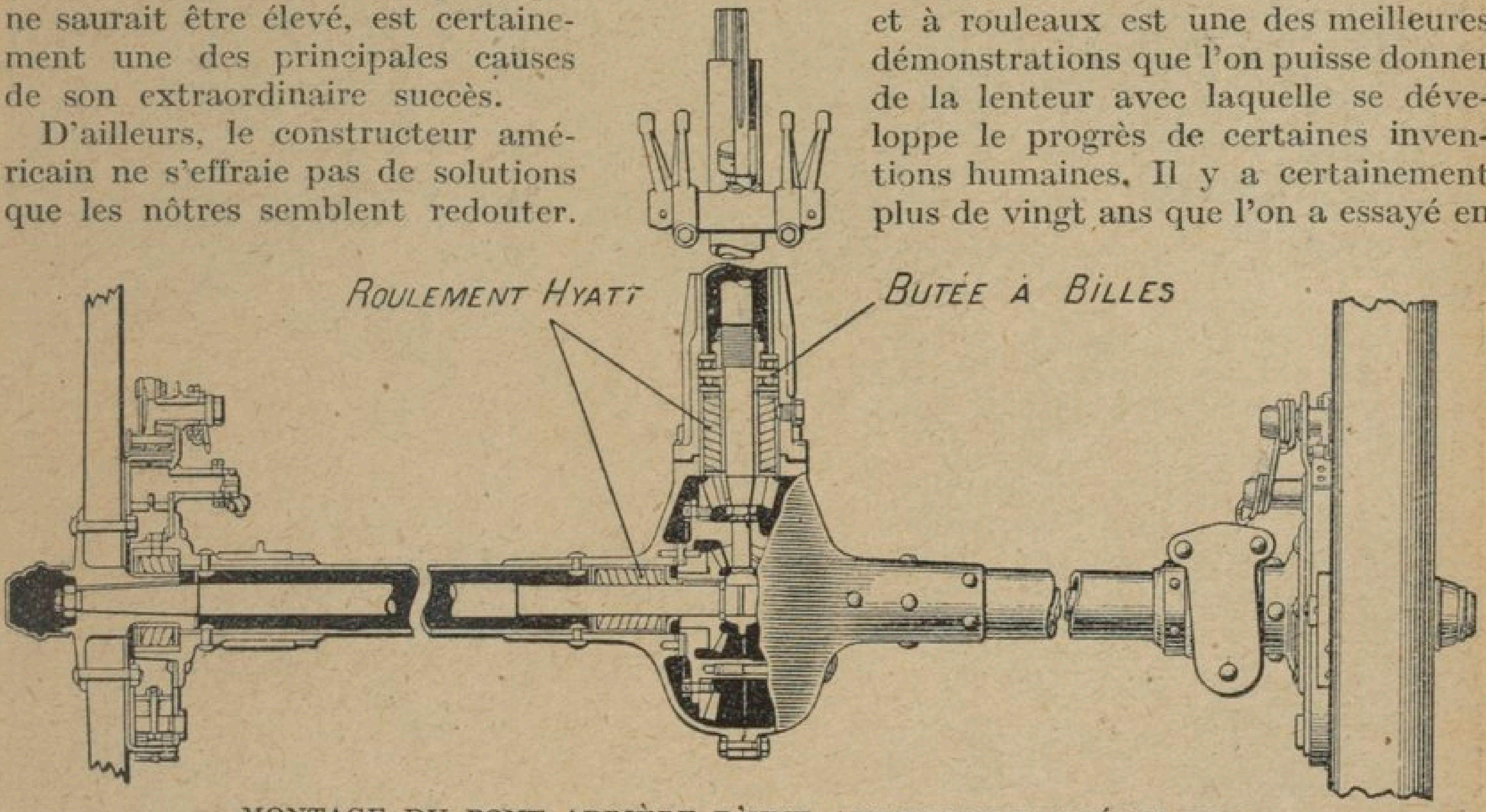
L'histoire des roulements à billes et à rouleaux est une des meilleures démonstrations que l'on puisse donner de la lenteur avec laquelle se développe le progrès de certaines inventions humaines. Il y a certainement plus de vingt ans que l'on a essayé en Angleterre et en France les premiers coussinets à rouleaux, appliqués, à l'origine, à des voitures de chemins de fer. La mauvaise qualité des métaux fit échouer ces tentatives.

JEAN DURBOURG



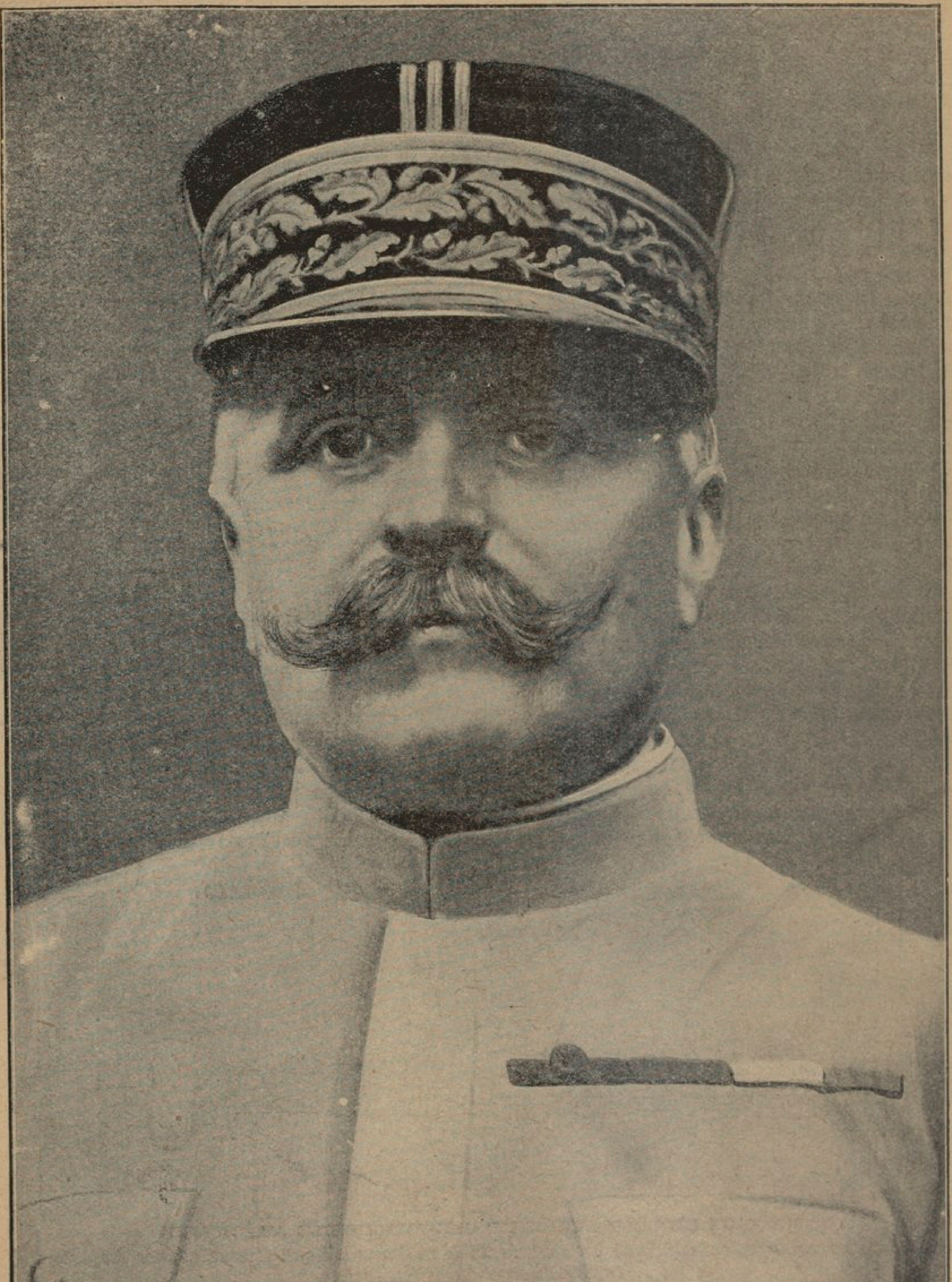
ROULEMENT A ROULEAUX SYSTÈME « HYATT »

Ce roulement, moins délicat, est composé de rouleaux en forme de ressort à boudin aplati, montés sur axe entre deux colliers parallèles et enfermés dans une bague extérieure fendue dans le sens longitudinal.



MONTAGE DU PONT ARRIÈRE D'UNE AUTOMOBILE AMÉRICAINE

Sur certaines voitures, on a adopté les roulements à rouleaux « Hyatt » pour monter les arbres de transmission et du différentiel.



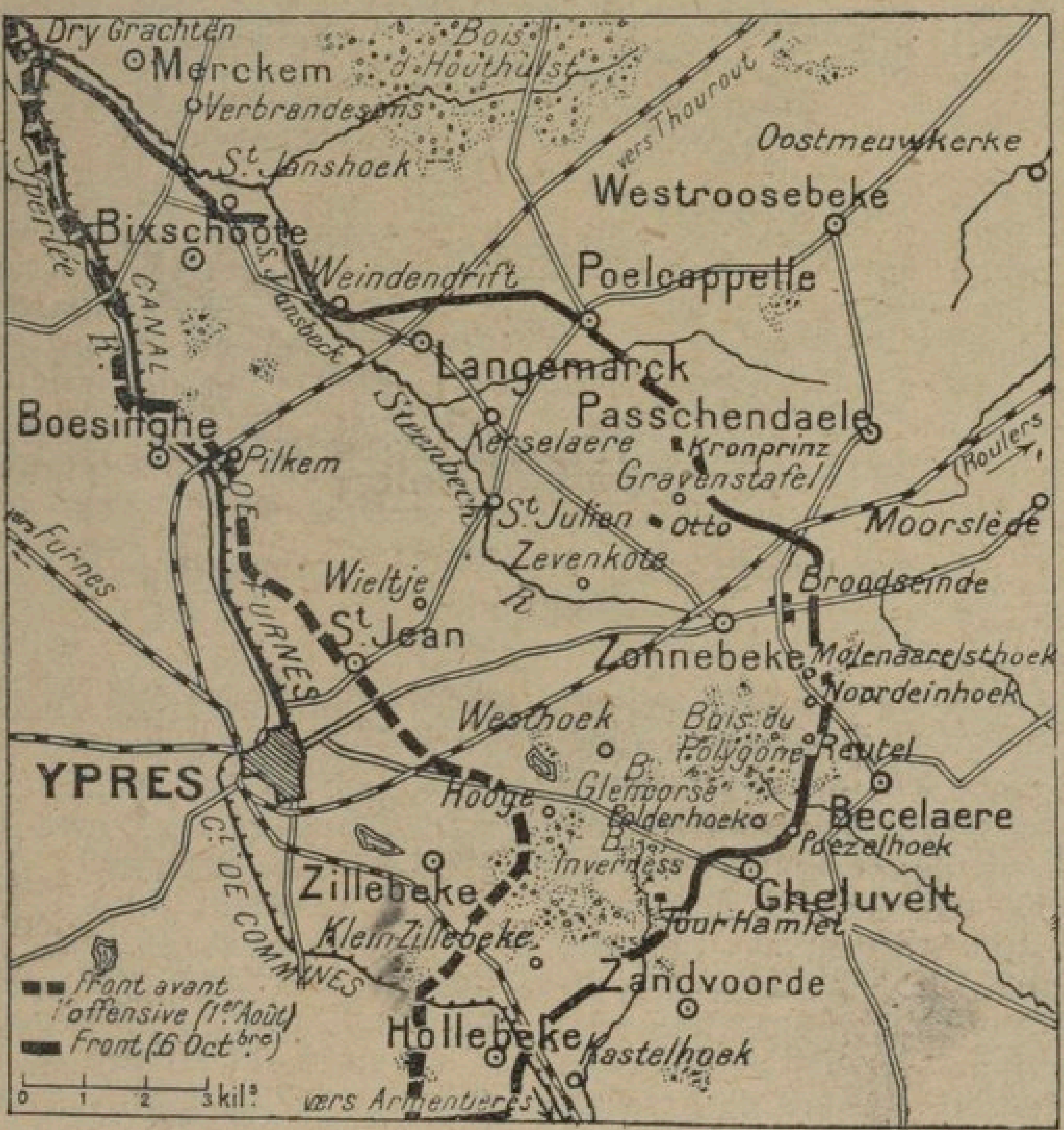
LE GÉNÉRAL GUILLAUMAT

Commandant en chef les troupes françaises qui combattent victorieusement, depuis un an et demi, sur le front de Verdun.

LA BATAILLE DES FLANDRES SE POURSUIT A L'AVANTAGE DES ALLIÉS

Sur le front occidental deux faits dominent la période qui nous occupe : le rétablissement presque intégral de notre ancienne situation devant Verdun, et une série de succès de nos alliés britanniques, à l'est d'Ypres, succès qui les rapprochent, lentement mais sûrement, de leur objectif stratégique.

Le problème posé depuis le 31 juillet pour nos amis consistait à s'élever graduellement le long des pentes de la cuvette dont Ypres est le centre, pour conquérir en dernier ressort la ligne de crêtes formant barrage vers l'est sur la plaine de Roulers et de Menin.



CARTE MONTRANT L'AVANCE DES FRANCO-ANGLAIS DANS LES FLANDRES ENTRE LE 1er AOUT ET LE 6 OCTOBRE

L'opération initiale, on s'en souvient, engagée en commun avec l'armée française du général Anthoine, avait pour objet de dégager la crête au nord d'Ypres. Cette bataille, dite de Saint-Julien, livrée le 31 juillet, fut un succès complet pour les forces alliées.

Après quelques opérations de détail qui nous permirent d'avancer quelque peu nos positions et à nos alliés d'enlever la crête de Westhoeck (10 août), l'offensive franco-britannique reprit le 16 août, sur un front de 15 kilomètres, entre Dixmude et la route d'Ypres à Menin. Les nôtres passaient sans difficulté le Steenbeck et, chassant l'ennemi de la bande de terrain qui sépare le canal de l'Yser du Martjevart, prenaient de haute lutte la tête de pont de Driegrachten. Ils facilitaient ainsi l'avance des Anglais dans la direction de Langemarck. Sur leur front, les positions furent plus âprement disputées. Nos amis avaient pour principale tâche d'enlever Langemarck et les défenses à l'est de Saint-Julien. Ils devaient pousser le plus loin possible vers Zonnebeke et réduire un certain nombre de points d'appui entre Zonnebeke et Gheluvelt. Les progrès, dans cette partie sud du champ de bataille, ne pouvaient être et ne furent, en effet, que relatifs. Par contre, malgré la résistance acharnée de l'ennemi, nos alliés attaquaient Langemarck. et, après une lutte furieuse au centre du village, rejetaient les Allemands de 800 mètres au delà de cette localité. Les 24 canons pris à l'ennemi, dont plusieurs pièces lourdes, témoignent de la violence de la bataille dite de Langemarck et de la valeur des positions conquises dans cette journée.

Mais, provisoirement, le rôle de l'aile gauche alliée, c'est-à-dire de l'armée française et de celle des armées britanniques qui opérait en liaison avec elle, était terminé.

Entre temps, peut-être en manière de diversion, les Anglais engagent des opérations fructueuses, au nord-ouest de Lens ; puis, le 20 septembre, ils tentent une nouvelle poussée sur un front d'environ 13 kilomètres, entre le canal d'Ypres à Commines

et la voie ferrée d'Ypres à Staden. Ce jour-là, le communiqué britannique pourra dire avec raison que « des positions de grande importance militaire ont été conquises et de lourdes pertes infligées à l'ennemi ».

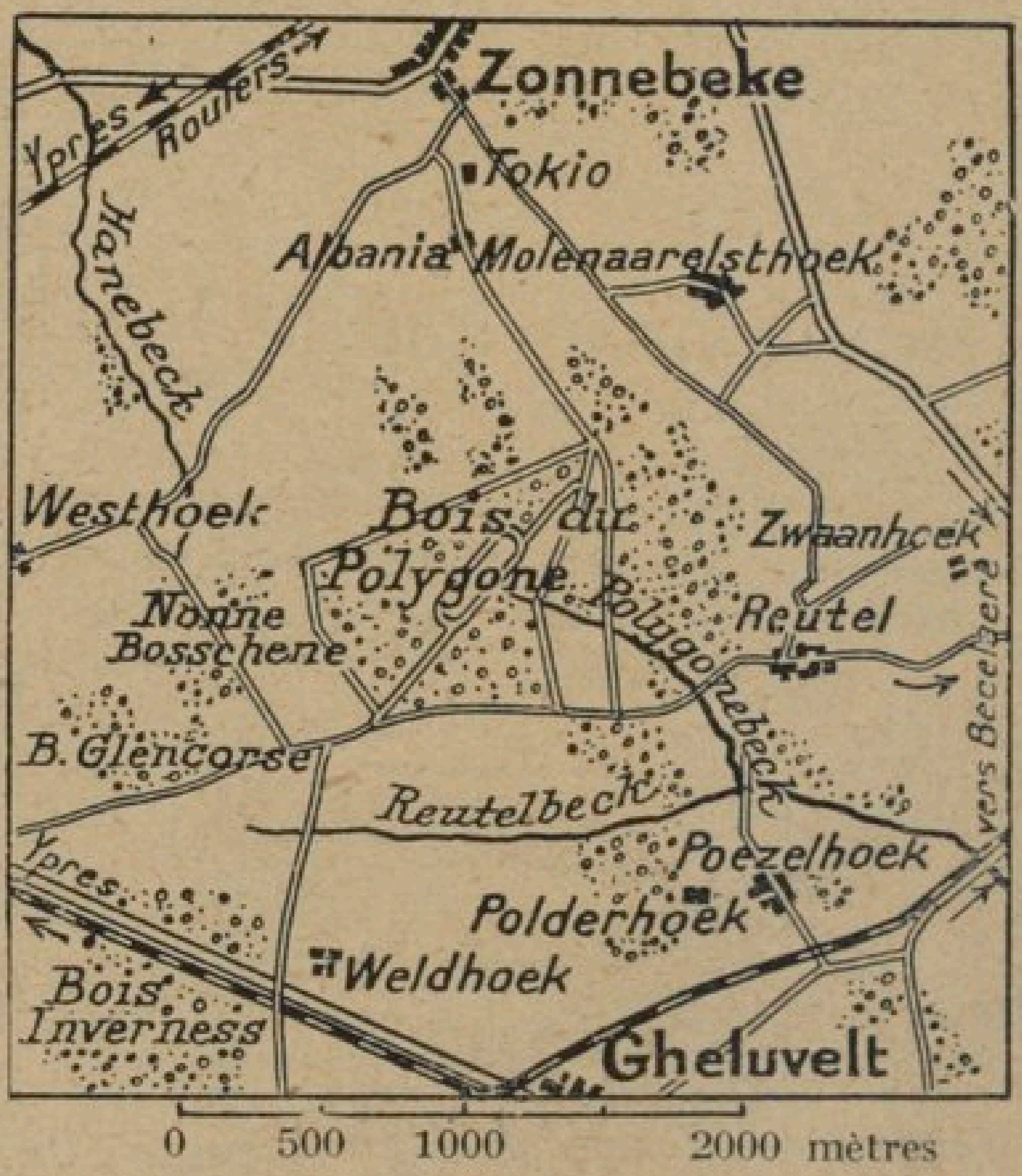
Au nord du champ de bataille, les Ecossais, les troupes londoniennes et sud-africaines s'emparaient de toute une série de fermes et de points d'appui organisés : les fermes Rose, Québec, Von Tirpitz, Wurst, Gallipoli, Iberian, Potsdam ; plus bas, le village de Zevenkote était enlevé. Au centre, les bataillons du nord de l'Angleterre et les Australiens, après avoir pris de haute lutte les bois de Nun, de Glencorse et d'Inverness-Copse (au nord des bois d'Hérenthage des anciennes cartes) s'avançaient de plus de 1.600 mètres pour s'attaquer au formidable réduit du bois du Polygone, dont ils conquéraient la partie occidentale, de même qu'ils emportaient le village de Weldhoek. A l'aile droite, de furieux combats s'engageaient avec des fortunes diverses pour la possession d'un autre point ayant une importance capitale : Tower-Hamlet.

Les deux armées des généraux Gough et Plumer avaient fait, dans cette seule journée, plus de 3.000 prisonniers.

Le 26 septembre, nos alliés, infatigables, attaquèrent de nouveau.

A gauche, les troupes territoriales du Nord-Middland et celles de Londres s'emparaient de nombreuses fermes et d'autres centres de résistance pour gagner finalement 2.400 mètres en profondeur. Plus bas, les bataillons anglais, gallois et écossais emportaient les lignes allemandes, prenaient d'assaut le village de Zonnebeke et gagnaient, en somme, 1.600 mètres de terrain fortifié. Au centre, les Australiens, toujours admirables, toujours irrésistibles, emportaient la totalité du bois du Polygone. Au sud où, comme toujours, la résistance fut la plus vive, les bataillons anglais et écossais finirent par prendre le dessus et, en délogeant l'adversaire, eurent la joie de dégager deux compagnies de highlanders qui, isolées depuis l'attaque allemande de la veille, avaient tenu pendant toute la nuit et une partie de la journée. De ce côté, la prise de l'éperon de Tower-Hamlet et des pentes fortement organisées qui en partent fut le fait important.

La bataille dite de Zonnebeke avait été un coup d'autant plus rude pour l'état-major du prince Ruprecht de Bavière, qu'il ne pouvait se faire illusion sur ses conséquences plus ou moins prochaines. Les Britanniques, maîtres du plateau du Polygone, du nœud d'Inverness-Copse et de l'éperon de Tower-Hamlet, n'avaient plus devant eux que la crête principale des collines, hautes en moyenne de 55 mètres, qui les séparait de la plaine des Flandres et dont la direction nord-sud se confond approximativement avec le tracé de la route Paschendaele-Broodseinde, Becelaere-Gheluvelt. Il convenait, en prévenant l'adversaire, d'écarter la menace d'une nouvelle poussée vers des positions d'importance vitale. Les Anglais, quelque hâte qu'ils fissent, ne seraient certainement pas prêts à recommencer avant une dizaine de jours au moins. Aussi fiévreusement, les Allemands contre-attaquèrent-ils dès le 4 octobre. Ils avaient amené en ligne trois divisions, que deux autres mises en réserve devaient appuyer.



ZONNEBEKE ET LE FAMEUX BOIS DU POLYGONE

Mais le hasard voulut — après tout est-ce bien le hasard ? — que nos alliés se trouvassent en mesure de les devancer. Toujours est-il que leur feu de barrage précéda le bombardement adverse d'une demi-heure, et, dans ce duel d'artillerie, ils montrèrent comme d'habitude une supériorité écrasante. Les formations allemandes, en place dans les boyaux de départ, furent littéralement décimées, tout d'abord par le bombardement direct, puis lorsqu'elles commencèrent à battre en retraite, par le tir échelonné en profondeur des Anglais, sans compter les coups que leur portaient les barrages incertains et affolés de leur propre artillerie, dont le tir était pitoyable.

C'est cette confusion qui contribua grandement à la victoire de nos amis. En quatre heures, ils atteignaient tous leurs objectifs.

Au nord du champ de bataille, des régiments anglais, appuyés par des tanks qui firent merveille, s'emparèrent de la majeure partie du village de Poelcappelle et des défenses ennemies à l'est de l'église du village. Plus bas, toute une série de fermes fortifiées, les fermes Winchester, Wellington étaient enlevées ; au centre gauche, les Néo-Zélandais emportèrent le village de Gravenstafel. De leur côté, les Australiens enlevèrent Molenaarelsthoek et les maisons de la route de Zonnebeke à Broodseinde et dégagèrent

les abords est et sud du bois du Polygone. Enfin, à l'extrême sud, des bataillons anglais prirent d'assaut, après une lutte particulièrement violente, le château et le hameau de Polderhoek. Ces premiers buts atteints, la marche en avant reprit pour réaliser l'essentiel de la journée : la conquête de la crête proprement dite. Alors qu'aux deux ailes, les Allemands, à l'ouest de Paschendaele et aux lisières de Gheluvelt, réussirent à se maintenir à peu près, à la faveur d'une résistance désespérée et de contre-attaques furieuses, ils furent impuissants à arrêter les Britanniques au centre. Pendant que des régiments australiens conquéraient Broodseinde et le débordaient à l'est et au nord, les troupes anglaises s'emparaient des villages de Nordeindhoek et de Reutel, ainsi que des hauteurs qui dominent Becelaere.

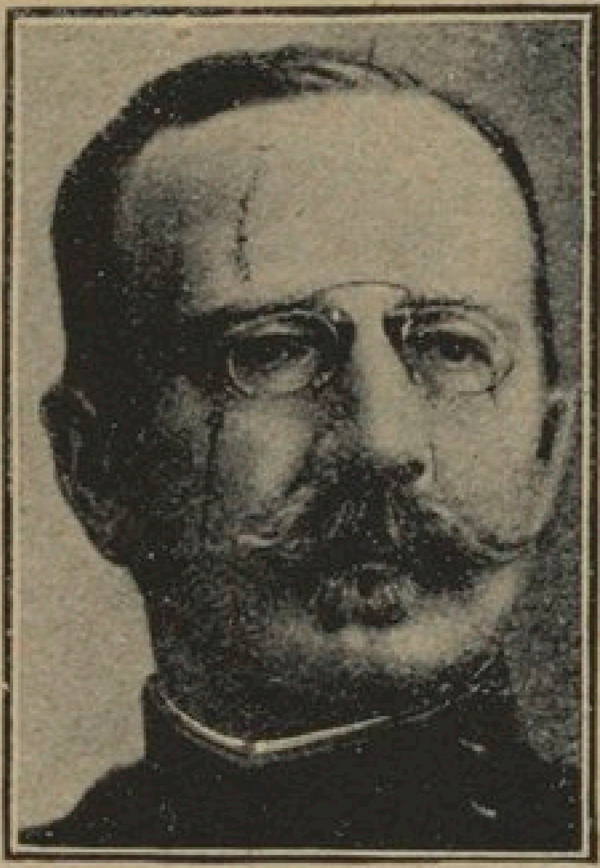
C'était un véritable désastre pour les Allemands, qui, au surplus, avaient laissé 4.500 prisonniers aux mains de l'adversaire.

La situation, dès lors, paraît propice à la rentrée en ligne de l'aile gauche de l'armée alliée, en repos, depuis le 16 août. Le 9 octobre, l'armée Anthoine attaquant en liaison avec l'armée britannique avançait de deux kilomètres pour s'établir aux lisières sud de la forêt d'Houthulst, après avoir emporté entre autres les villages de Saint-Jean, de Mangelaere et de Vellkœll. Nos alliés, eux aussi, se rapprochèrent de la forêt d'Houthulst, achevaient par des actions brillantes la conquête de Poelcappelle et s'élevaient le long de la crête de Paschendaele.

En neuf mois, c'est-à-dire à la fin de septembre, nos alliés avaient fait prisonniers 51.435 Allemands et pris 332 canons, alors que, de leur côté, ils n'avaient pas perdu une seule pièce d'artillerie, et n'avaient laissé que 15.065 prisonniers aux mains de l'ennemi. Ce fut un succès énorme.

Nos nouvelles victoires sur le front de Verdun

Peu d'opérations, pendant cette guerre, auront été menées aussi brillamment, aussi sûrement que celles qui, en quatre jours, nous ont rendu, sur les deux rives de la Meuse, les positions que les Allemands avaient mis des mois à conquérir. Et l'ennemi ne peut alléguer la surprise. Pendant la quinzaine qui précéda le 20 août, jour de l'attaque, les Allemands parlaient ouvertement dans leurs journaux de nos projets. Toutes les injonctions de tenir coûte que coûte ne purent rien contre notre formidable préparation d'artillerie. Lorsque, le 20 août, à 4 h. 40 du matin, le général Guillaumat fit donner le signal à la 2e armée, le front d'Avocourt à Bezonvaux (18 kilomètres) était jalonné par la ligne de départ suivante : partie sud du bois d'Avocourt, les pentes méridionales de la cote 304, le chemin d'Esnes à Cumières, le sud du Mort-Homme, la région au sud des Caurettes, la Meuse, le point dit « la Cage », au sud de la côte du Talou, la route de Vacherauville à Ville-devant-Chaumont, jusqu'à 200 mètres du croisement de cette route avec le chemin de Louvemont, les pentes méridionales de la crête au nord de Louvemont, les Chambrettes, la partie supérieure du bois des Caurières, le sud de Bezonvaux, repris précédemment par nous.



GÉNÉRAL LINDER

Commandant l'un des corps d'armée qui, sous les ordres du général Guillaumat, ont reconquis le terrain perdu par nous en 1916 en avant de Verdun.

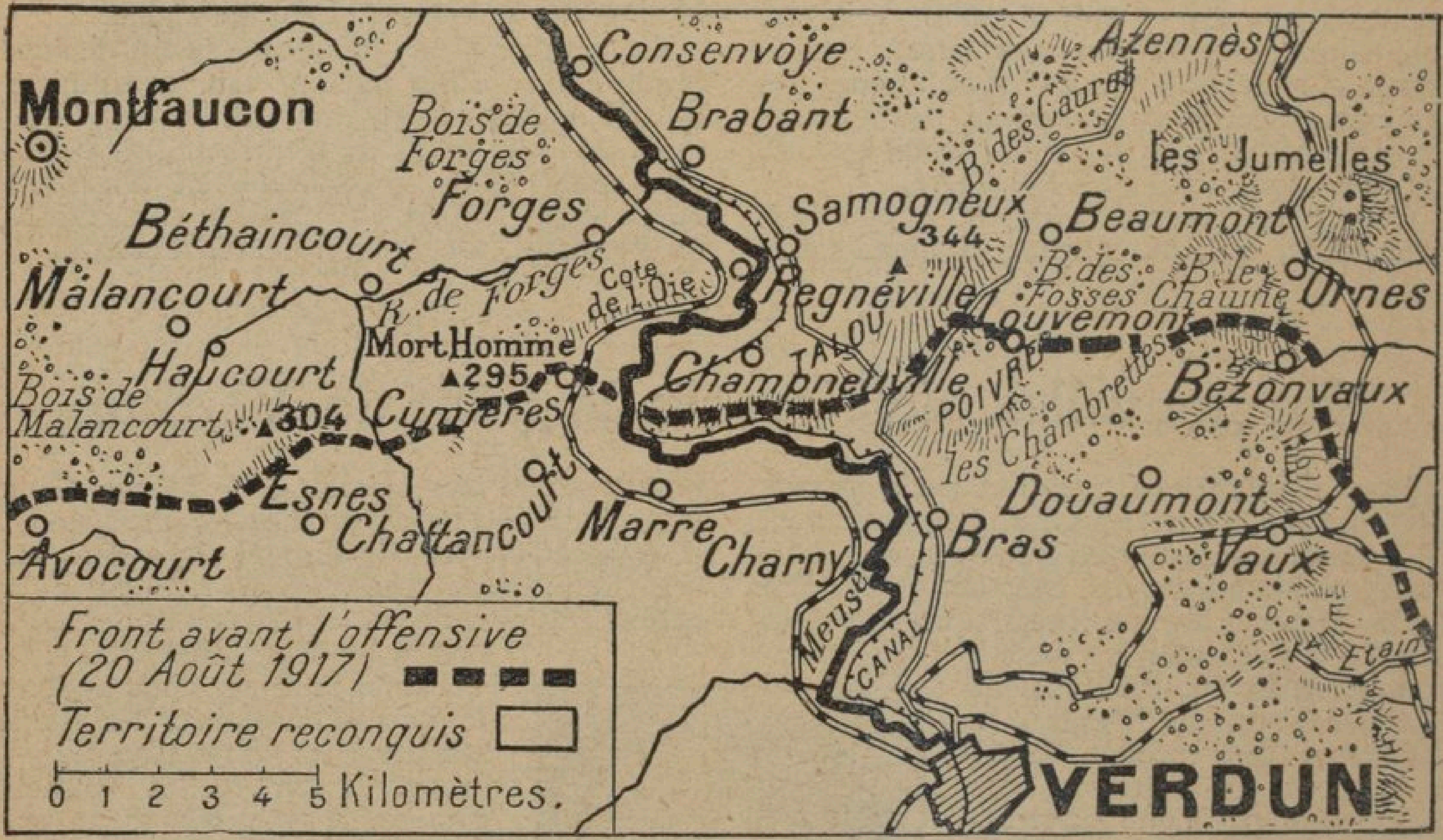
Le principal effort de nos troupes devait porter sur la rive gauche de la Meuse. Sous la protection d'un tir de barrage implacable, elles s'élancèrent résolument en avant, et, une demi-heure après, elles avaient déjà atteint, au prix de pertes légères, une grande partie de leurs objectifs. A la fin de la journée, nous tenions le bois d'Avocourt, les deux sommets du Mort-Homme — emportés malgré les tunnels puissants organisés dans ces sommités — les bois des Corbeaux et de Cumières, et nous encerclions la cote 304, qu'en raison de ses puissantes organisations défensives, il eût été imprudent d'aborder de front ; la progression réalisée était de 2 kilomètres et demi en moyenne. Sur la rive droite, les gains étaient représentés par la côte du Talou, les villages de Champs et de Champneuville, la cote 344, la ferme du Mormont, la cote 240, une partie des bois des Fosses et Le Chaume. Plus de 5.000 prisonniers, dont 116 officiers, et un nombreux matériel étaient ramenés à l'arrière de nos lignes.

La réaction de l'adversaire se produisit le soir même et se poursuivit toute la nuit, notamment au bois d'Avocourt et au bois des Caurières. Elle fut vaine et ne nous empêcha pas, le jour suivant, de réaliser de nouveaux progrès. Sur la rive gauche, une de nos divisions débouchant des bois de Cumières, s'emparait de la côte de l'Oie,

pendant que d'autres formations enlevaient le village de Regnéville ; sur la rive droite, nos troupes, à 5 heures du matin, délogeaient les Allemands des dernières tranchées qu'ils occupaient en contre-pente des crêtes de la cote 344 et s'emparaient de Samogneux.

Du 21 au 24, nous parions les contre-attaques stériles de l'adversaire, en même temps que notre artillerie continuait à écraser les lignes allemandes, et à contrebattre leurs pièces lourdes de la position de Montfaucon. Puis, le 24, à 4 h. 50 du matin, sur la ferme Mormont et le bois Le Chaume. Les lignes allemandes furent enlevées sur un front de quatre kilomètres, nous donnant la possession de la totalité du bois des Fosses, du bois de Beaumont, et nous amenant aux lisières sud du village de Beaumont. L'avance réalisée était, en moyenne, d'un kilomètre, et nous comptions, à la fin de la journée, 1.100 prisonniers, dont 32 officiers.

Puis, ce fut une pause jusqu'au 8 septembre. Ce jour-là, nous attaquions sur un front de deux kilomètres et demi, depuis la crête



NOS REPRISES TERRITORIALES DANS LA MEUSE DEPUIS LE 20 AOUT 1917

la rive gauche de la Meuse, la division Pauffin de Saint-Maurel, appuyée à gauche par la division Grattier, s'élançait à l'assaut de la cote 304. D'un bond, la formidable croupe fut enlevée, dépassée, de même que le bois Camard qui la borde à l'ouest ; tandis que, de ce côté, nos troupes arrivaient à hauteur du ruisseau de Forges, immédiatement à l'est elles gagnaient un kilomètre en profondeur également au delà du Mort-Homme. La dernière poche allemande dans nos lignes de la rive gauche était ainsi résorbée, la porte d'entrée qu'ils y tenaient, définitivement verrouillée, et, après avoir, en quatre jours de combat, reconquis ces positions fameuses qui avaient coûté à l'ennemi trois mois de sanglants efforts, capturé 7.560 hommes et 24 canons, sans compter ceux que nous avions détruits, nous aurions pu nous tenir satisfaits des résultats.

Notre haut commandement estima avec raison qu'il convenait d'exploiter le succès et d'améliorer encore nos nouvelles lignes sur la rive droite de la Meuse. Le 26 août, nos troupes attaquaient vigoureusement entre située au nord du bois des Fosses jusqu'au point 229, situé entre Bezonvaux et Ornes. La lutte fut rude, mais, finalement, le bois Le Chaume tout entier tomba en notre pouvoir ; nos troupes atteignirent les sources de l'Ornes et la ligne de crêtes visée au nord du bois des Caurières nous resta acquise.

Mais si les Allemands se résignent à nous voir réinstallés solidement sur la rive gauche de la Meuse, ils s'inquiètent, par contre, de nos progrès sur la rive droite. Il convient de ne pas oublier que, pour eux, il y a là la fameuse poterne à travers laquelle nous pourrions, éventuellement, nous glisser sur la Wöëvre, c'est-à-dire dans la direction de Metz. Aussi, dès le 14, attaquèrent-ils avec acharnement dans la région de Bezonvaux. Les lourdes pertes qu'ils subirent ce jour-là ne les empêcha pas de récidiver le 24 sans plus de succès. Le 1er octobre, l'ennemi repartait encore une fois, mais notre ligne était intégralement maintenue du bois Le Chaume jusqu'à Bezonvaux, et, le lendemain, un sanglant effort en face du bois des Caures, ne lui donnait pas plus de résultats.

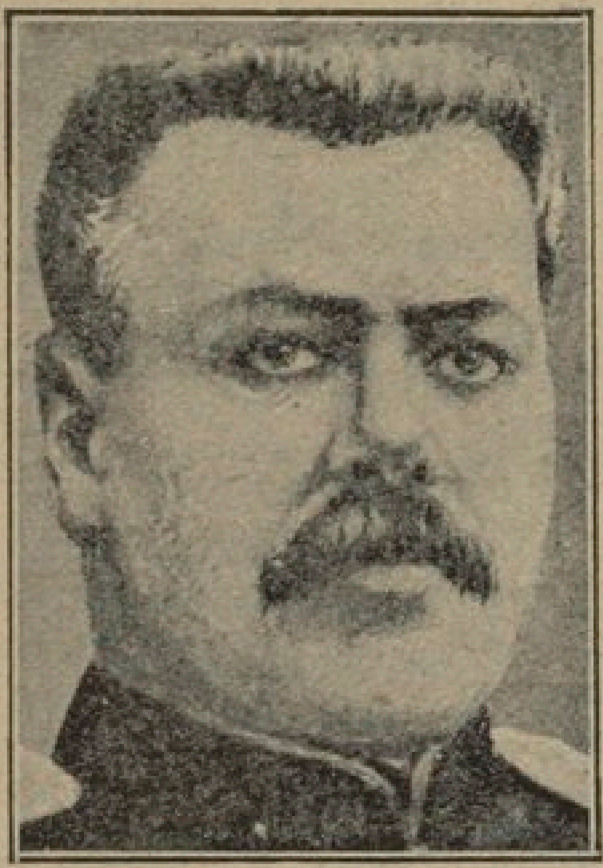
SUR LES FRONTS ORIENTAUX

La désorganisation de l'armée russe n'a fait, hélas ! que s'aggraver pendant les mois d'août et de septembre 1917. L'absence ou les insuffisances du commandement, après la retraite des meilleurs généraux, le manque d'autorité des officiers, dont toutes les décisions sont contrebalancées par celles des « Soviets » régimentaires, enfin, la propagande du pacifisme anarchique engageant des unités entières à ne pas se battre, ont amené de nouveaux désastres. Sans grand effort, après une préparation d'artillerie de quelques heures, les Allemands se sont emparés de Riga, le meilleur port de commerce russe de la Baltique, puis ils ont pris Jacobstadt. De là, ils auraient pu menacer Petrograd, si la pénurie de leurs effectifs et l'approche de la mauvaise saison le leur avaient permis. Cependant, le débarquement dans les îles Dago et d'Œsel marque-t-il le commencement d'une entreprise contre la capitale russe ? Il n'est pas encore possible de répondre à cette question.

Il ne faut pas oublier que l'empire germanique est en danger à l'occident. Ne pouvant conquérir la Russie, nos ennemis profitent tout au moins de la latitude que leur offre l'inertie complète de nos malheureux alliés pour amener en Flandre les divisions de renfort dont ils ont grand besoin. Il est pénible de penser que si un effort parallèle avait été accompli sur le front oriental comme sur le front occidental, la guerre serait, à l'heure qu'il est, vraisemblablement finie.

L'offensive allemande dans les provinces baltiques

Au mois d'août, la VIII[e] armée allemande, qui avait en face d'elle la XII[e] armée russe, à l'extrémité nord du front d'Orient, dans le secteur dit de Riga, avait fait quelques démonstrations bruyantes dans la région des lacs et le long de la chaussée Mitau-Riga. On se souvient qu'au début de 1917, le général Radko Dimitrief, dans une brillante action, avait enlevé à l'ennemi quelques positions importantes dans cette région, au nord de Mitau, dans les parages du lac Babit. Les Russes restaient maîtres des rares passages qui permettent de franchir la zone marécageuse, et ils s'y étaient solidement retranchés. Après les quelques feintes que l'on a vues, ce ne fut pas cette partie de la ligne que les Allemands résolurent d'attaquer, mais une encore plus forte, contre laquelle toutes leurs tentatives depuis 1915 étaient venues se briser : la ligne de la Dvina. La tête de pont d'Uxkull, contre laquelle ils dirigèrent leur offensive, avait été, à maintes reprises, le théâtre d'engagements répétés et sanglants, qui, tous, avaient tourné à leur désavantage. Le fossé de la Dvina offre une position défensive extrêmement puissante ; l'artillerie russe, de la rive droite, interdisait toute tentative pour franchir l'obstacle que forme un fleuve large et profond. Or, cet obstacle, après deux ans d'efforts inutiles, les Allemands en ont triomphé dans une matinée... C'est dire que l'armée russe n'a, cette fois, à leur attaque, opposé qu'une résistance extrêmement faible.



GÉNÉRAL LUKOWSKY

Chef d'état-major général de l'armée russe, puis généralissime à la place de Korniloff, révolté contre le Pouvoir central, il fit cause commune avec son ancien chef.

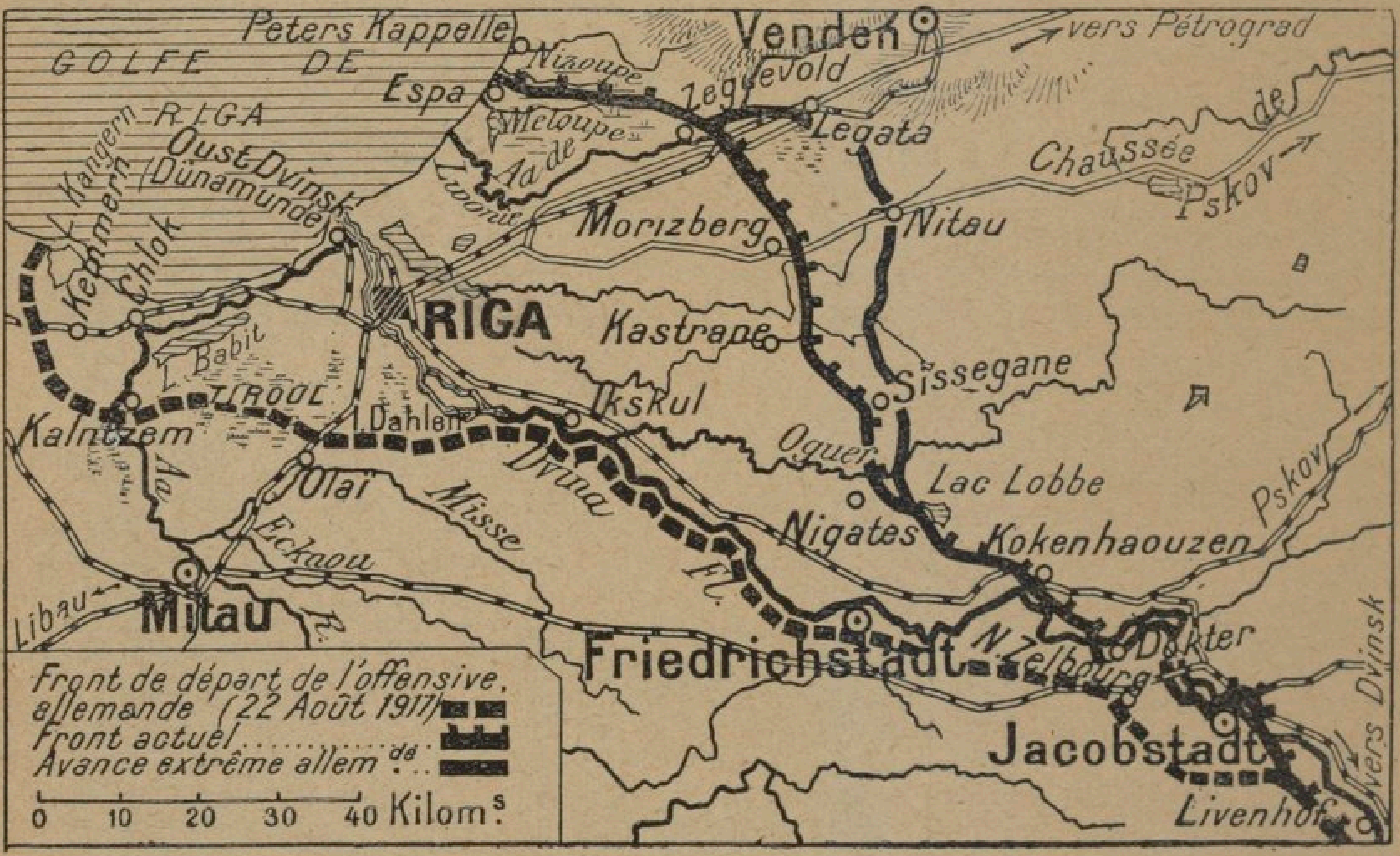
Le communiqué russe annonçait que, le 1[er] septembre, après une violente préparation d'artillerie, les Allemands avaient traversé la Dvina dans la région d'Uxkull, à 12 kilomètres au sud-est de Riga. Il ajoutait que plusieurs régiments ayant encore abandonné le champ de bataille au nord de la Dvina, le haut commandement avait ordonné l'abandon de tout le secteur, et, le lundi matin, 3 septembre, l'ennemi avait occupé Riga.

Les lignes ayant été percées sur la Dvina et sur une étendue d'environ 65 kilomètres, toute la XII[e] armée russe avait dû, en effet, se mettre en retraite. Toute la région des lacs, dont le maintien avait coûté tant d'efforts héroïques et qui couvrait Riga dans un rayon

d'une trentaine de kilomètres à l'ouest et au sud-ouest, devait être abandonnée, et la ville elle-même, le plus grand port russe de la Baltique, était condamnée au même sort.

D'après une note officieuse russe, qui s'efforçait après coup de déguiser les défaillances avouées par le communiqué et confirmées par l'ennemi, la retraite avait eu lieu en très bon ordre. Le commandant en chef de la XII^{e} armée, le général Parsky, avait pris toutes les mesures pour l'évacuation de Riga. L'artillerie de gros calibre avait été enlevée la semaine précédente. Dès que le passage de la Dvina par l'ennemi fut connu, l'ordre fut donné d'accélérer l'évacuation. Puis le une partie consentait encore à se battre, vinrent s'appuyer à la ligne de hauteurs Segevold-Wenden, dominant une région difficile de forêts, traversée par des routes très rares. Jusqu'ici, les Allemands n'ont pas paru vouloir s'engager dans cette direction, bien qu'elle soit celle de Petrograd.

Le désastre russe eut pour premier effet d'amener de graves et lamentables difficultés entre le généralissime Kornilof et le gouvernement de Kerenski. Le commandant en chef insistait sur la nécessité de promptes mesures répressives, l'autorisation de punir de mort les traîtres et les fuyards, le rétablissement de l'autorité complète des géné-

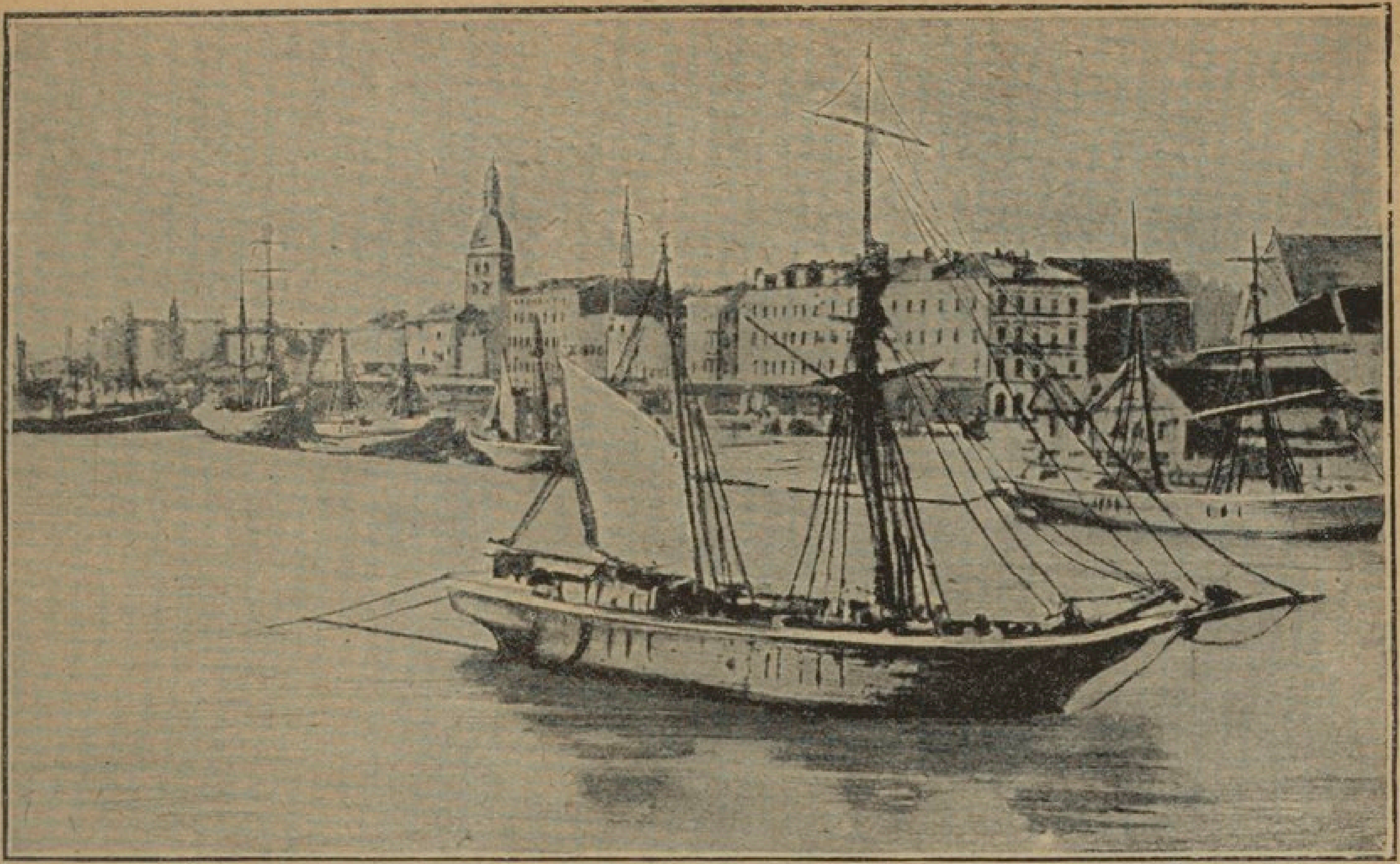


CARTE INDIQUANT L'AVANCE DES ALLEMANDS DANS LE SECTEUR DE RIGA

feu fut mis aux quartiers les plus importants de la ville. Quant aux quais, ils avaient été dynamités. Le dernier train de blessés partit sous le feu même de l'artillerie allemande.

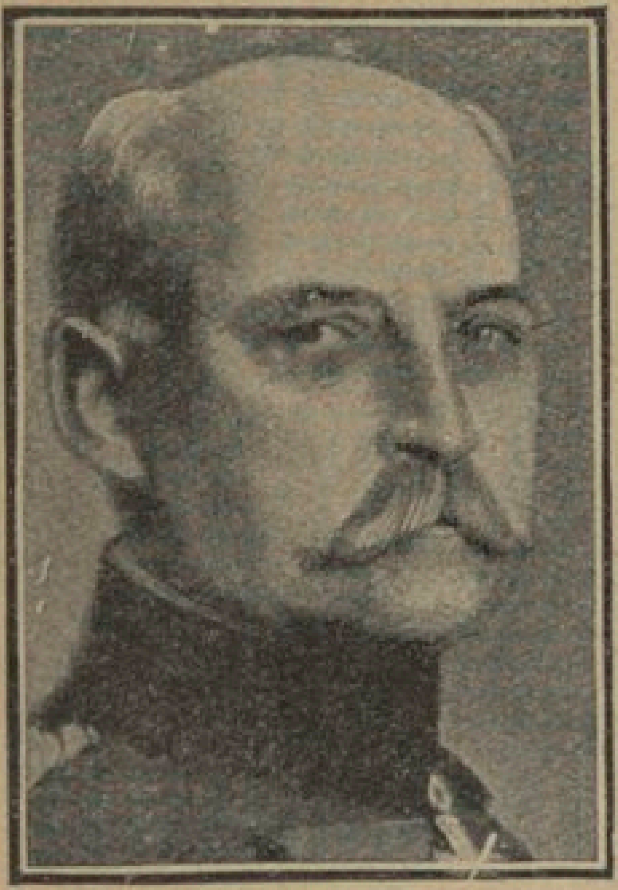
L'impression produite en Russie et ailleurs n'en fut pas moins désastreuse. Riga, ville de 358.000 habitants, chef-lieu du gouvernement de Livonie, à 486 kilomètres de Petrograd, à 12 kilomètres de l'embouchure de la Dvina, était, nous l'avons dit, le meilleur port de commerce russe sur la Baltique. Il s'y faisait un trafic très important avec l'Europe occidentale, surtout avec l'Allemagne.

Toutefois, la VIII^{e} armée allemande, dont le kaiser avait exalté les exploits, n'était pas en état de pousser bien loin son avance. Dans la revue *Armée et Flotte*, le critique militaire russe, colonel Andogoky, constatait qu'elle était absolument inférieure, numériquement parlant, aux troupes russes. Celles-ci, dont raux, paralysée par la présence des commissaires spéciaux envoyés par le gouvernement. Le 11 septembre, le membre de la Douma Lvof vint sommer Kerenski de remettre au général Kornilof toute l'autorité civile et militaire. Sur le refus du président, le général marcha sur Petrograd. On réussit à éviter l'effusion du sang. Kornilof, qui n'avait, paraît-il, emmené avec lui qu'une division, défendit à ses soldats de tirer. Voyant l'échec de sa tentative, il consentit à se rendre au général Alexeief, que Kerenski avait rappelé au poste de chef d'état-major pendant que lui-même se nommait généralissime. Le pénible incident était liquidé. Mais depuis les armées russes n'ont plus été commandées. Les troupes, livrées à elles-mêmes, semblent toujours aussi peu déterminées à se battre. Chaque fois qu'il a plu aux Allemands d'attaquer sur un secteur quelconque — sauf



VUE PARTIELLE DU PORT ET DE LA VILLE DE RIGA

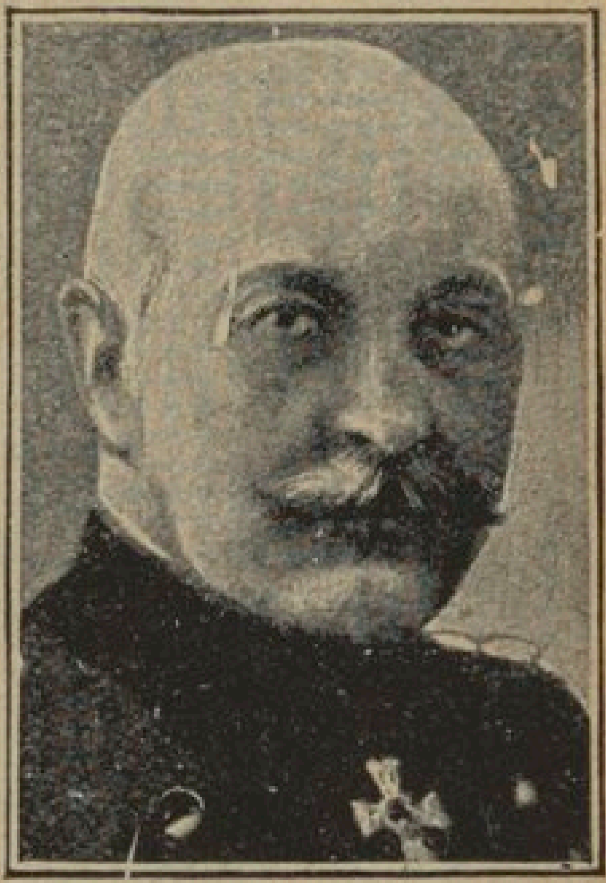
toutefois sur le front roumain, où le moral de nos alliés a été mieux préservé — ils se sont emparés des objectifs visés. C'est ainsi que, le 21 septembre, ils enlevaient la tête de pont de Jakobstadt, puis prenaient la ville elle-même, située à 100 kilomètres au nord-nord-ouest de Dwinsk, sur la voie ferrée qui relie cette ville à Riga. Cette position, comme celle d'Uxkull, avait été vainement attaquée par eux pendant plus de deux ans. De plus, ils faisaient 4.000 prisonniers. Mais le fait le plus important et de nature à inspirer les plus grandes inquiétudes à nos alliés est le débarquement, sous la protection de puissantes unités de la flotte allemande, de deux divisions dans les îles *Dago* et d'*Œsel*, en face des côtes de l'Esthonie. Les troupes du Kaiser ne sont qu'à une faible distance de Revel, et Petrograd se trouve à 300 kilomètres !



GÉNÉRAL T. VON TSCHEPE
Gouverneur allemand de la Roumanie envahie.

Sur le front russo-roumain, l'offensive du feld-maréchal von Mackensen, qui avait paru des plus menaçantes à la fin de juillet, a été complètement arrêtée. Ce résultat fait honneur à la vaillante résistance de l'armée roumaine, entièrement réorganisée par la mission française du général Berthelot et appuyée par l'armée russe du général Tcherbatcheff. Devant le splendide état des troupes du roi Ferdinand, il était même permis de fonder des espérances bien supérieures. Mais l'armée roumaine n'est, sur le front oriental, que l'extrême échelon de gauche de l'armée russe, et la retraite, puis l'inaction totale de celle-ci, l'ont condamnée à la défensive passive.

L'arrêt de Mackensen accuse également la crise des effectifs dont souffrent les Austro-Allemands. L'Allemagne, qui pouvait, en 1916, envoyer une armée de 300.000 hommes sur les Carpathes pour envahir la Roumanie, n'a pas, en 1917, trouvé un homme à distraire pour appuyer la marche en Moldavie. Les Autrichiens ont assez à faire du côté du



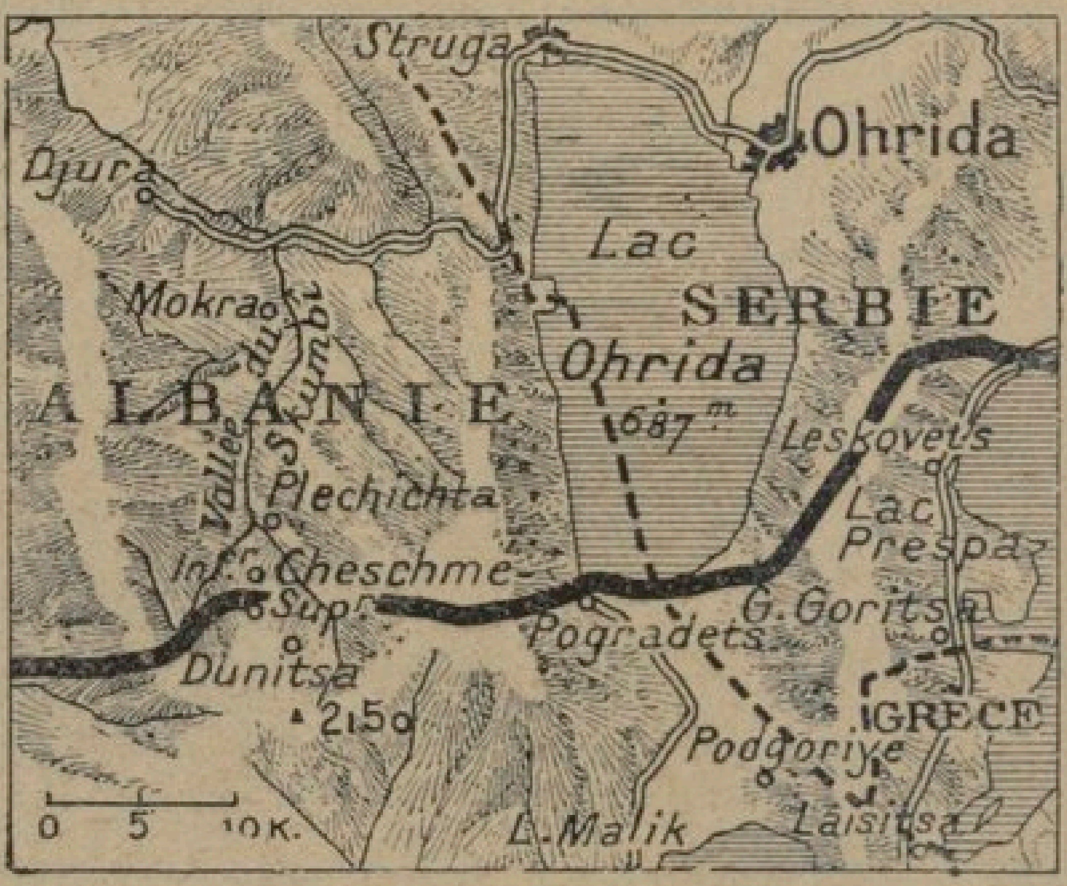
GÉNÉRAL KOCH
Commandant une armée allemande sur le Danube.

Carso et de Bainsizza. Les Bulgares et les Turcs sont, eux aussi, très occupés, comme on va le voir, et n'ont pas les plus petites réserves à expédier aux Allemands.

Les Alliés sur le front macédonien

Afin d'interdire aux Bulgares toute tentation de dégarnir leur front de Macédoine au profit de l'armée du Danube, le général Sarrail commanda, dans les premiers jours de septembre, une offensive générale sur tout le périmètre du camp retranché de Salonique. Ce n'était pas une percée et une marche stratégiques que le commandant en chef des armées alliées se proposait, c'était un accrochage général de l'ennemi.

En même temps qu'il atteignait son but — les réserves bulgares ne purent, en effet, se diriger sur la Roumanie, ce qui amena l'échec de Mackensen — le général français améliorait ses positions tactiques, principalement à son extrême gauche, en s'emparant de toute une série de hauteurs dans la région à l'ouest du lac Prespa, entre le petit lac Malik et le grand lac d'Ochrida. Nos troupes, après une série de brillants succès, se rendirent maîtresses du village de Pogradek, sur la rive sud-ouest du lac d'Ochrida, et refoulèrent l'ennemi, représenté par des Autrichiens et des Bulgares, jusqu'à hauteur de Mumulista, à 4 kilomètres au nord de Pogradek. La position de Monastir est donc largement couverte à l'ouest du côté de l'Albanie par une progression qui atteint une quarantaine de kilomètres.



POSITIONS DES FORCES ALLIÉES DANS LES PARAGES DU LAC OCHRIDA

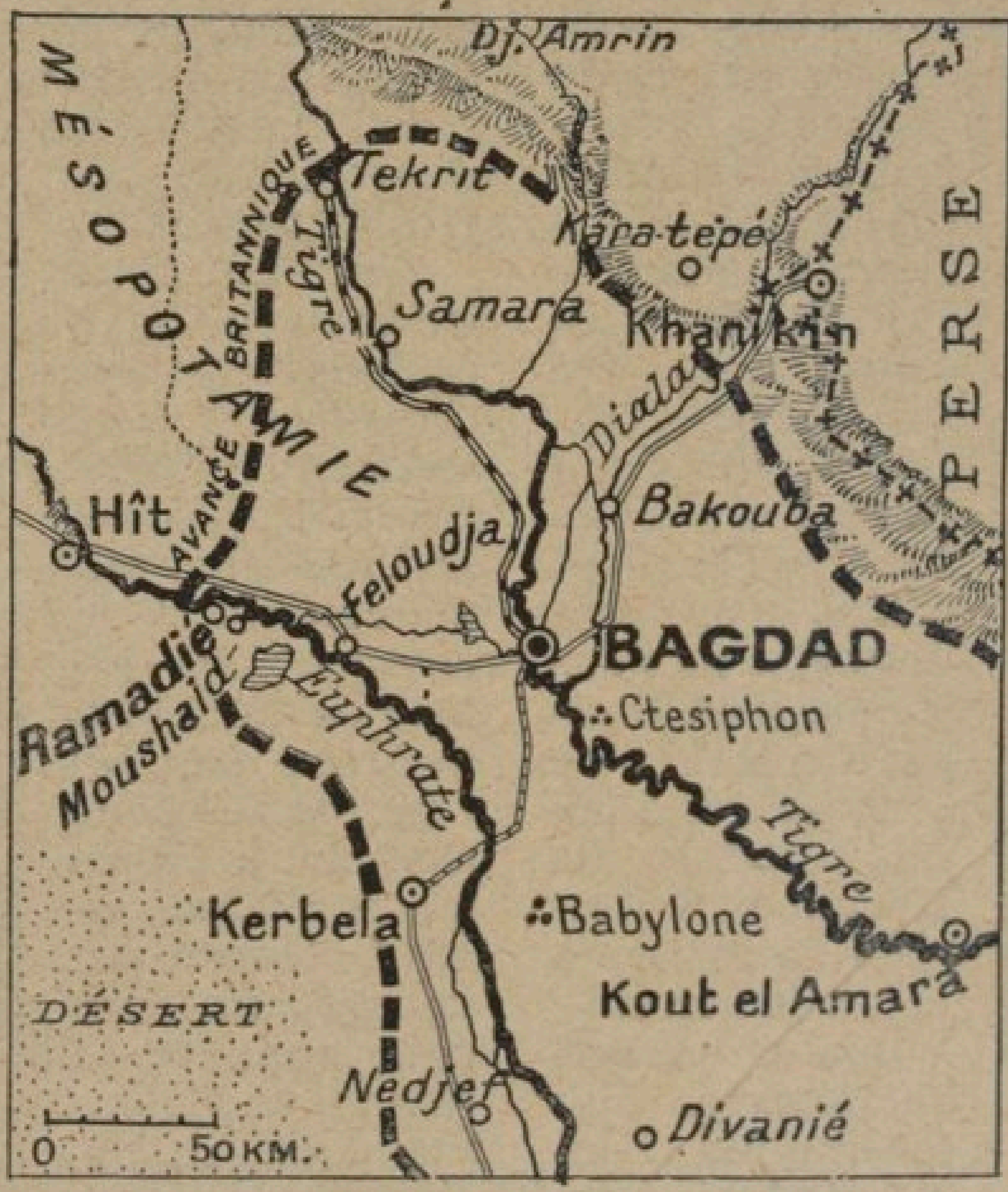
Les troupes serbes et italiennes ont facilité notre marche en avant, en multipliant les attaques à l'est de Monastir, dans la région de la boucle de la Tcherna.

Une grave défaite turque en Mésopotamie

Le succès le plus brillant de cette partie de la campagne devait être remporté dans la vallée du Tigre et de l'Euphrate.

On sait qu'après la prise de Bagdad, l'armée britannique s'était portée vers le nord, le long de la Djala, au delà de Bakouba, entre ce point et Deli-Abbas, en direction de la frontière persane, où la jonction put être un instant accomplie avec les Russes ; le long du Tigre, en direction du nord-ouest, elle avait atteint Samara, à 100 kilomètres de Bagdad ; le long de l'Euphrate, frère jumeau du Tigre, elle avait occupé l'importante tête de pont de Feloudja.

De Feloudja, les troupes britanniques se dirigèrent rapidement sur Ramadié, localité fortement occupée par les Turcs et située à une cinquantaine de kilomètres plus à l'ouest, le long de la route d'Alep, entre l'Euphrate et le lac Habbanié. L'infanterie anglaise attaqua de front, à l'est de Ramadié, entre le fleuve et le lac, pendant que la cavalerie, faisant un long détour, allait se poster à la sortie ouest de la bourgade, sur la route d'Alep. Les forces turques qui occupaient la position se trouvèrent complètement encerclées, et elles furent obligées de capituler avec leur commandant en chef, Ahmed bey. Le nombre des prisonniers atteignit 3.800 ; le matériel capturé, tant canons que munitions, fut considérable,



LA RÉGION A L'OUEST DE BAGDAD

LUTTE DE GÉANTS SUR LE FRONT ITALIEN

Le Président de la République française était à peine de retour de sa visite sur le front italien, que le général Cadorna déclenchait une violente attaque, admirablement préparée par son artillerie lourde et soutenue efficacement par de nombreuses escadrilles d'avions et de dirigeables.

Le 19 août, la troisième armée italienne prenait le contact général sur 60 kilomètres de front entre Tolmino et la mer. L'attaque ayant eu lieu à 5 h. 30 du matin, et non pas l'après-midi, comme ordinairement, les troupes autrichiennes furent surprises et ne purent arrêter l'avance des grenadiers du 23e corps, malgré l'emploi de milliers de mitrailleuses. Au lever du soleil, les prisonniers commençaient à affluer et, au soir, le recensement des camps de concentration signalait la prise de 243 officiers et de plus de 10.000 hommes de toutes armes.

Pendant ce temps, des monitors italiens et anglais, appuyés par des batteries flottantes, bombardaient efficacement les lignes ennemies sur le bas Isonzo, ainsi que les chantiers situés au sud de Trieste.

Bien que le général Boroevic eût fait donner trois divisions de réserve, il ne put empêcher l'ennemi de prendre Selo, dont la perte compromettait la solidité du front autrichien, qu'aucune contre-attaque ne réussit à rétablir. On vit participer à la bataille 246 avions italiens, et une escadrille formée de 40 capronis jeta plus de 7.000 kilos de projectiles sur les batteries ennemies abritées dans le bois de Pavo-Panovizza.

Cette bataille gigantesque, dite de Bainsizza, coûta au généralissime autrichien plus de 100.000 hommes, dont 25.000 prisonniers.

Un grand conseil de guerre eut lieu à cette occasion au quartier général allemand. Les maréchaux Hindenburg et Conrad prirent part à cette réunion, car le grand commandement autrichien prévoyait la chute du San Gabriele. Le général-major Arz, chef du grand état-major autrichien, considéré comme le principal auteur responsable de la défaite de Bainsizza, avait été déplacé. De même, le général Kœvess avait été désigné pour remplacer sur le front italien le général Boroevic, envoyé comme en disgrâce sur le front russo-roumain.

LES PLATEAUX DE BAINSIZZA ET DU CARSO ET LE MONT SAN GABRIELE

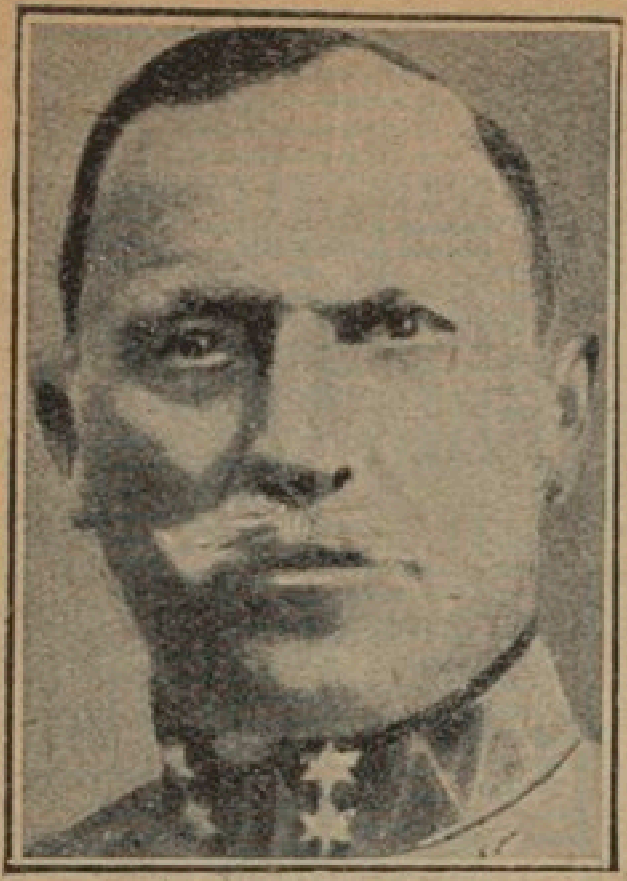
Le nouveau chef autrichien essaya en vain d'arrêter l'offensive italienne, qui procédait à une destruction lente, mais sûre et définitive, des derniers obstacles qui barrent la route de Trieste.

Pendant ce temps, Pola, le grand arsenal maritime sur l'Adriatique, était survolé par trente avions italiens, qui jetaient neuf tonnes de projectiles en provoquant des explosions destructives.

Vingt-cinq batteries d'artillerie lourde françaises et anglaises appuyaient l'avance italienne, et l'état-major autrichien dut abandonner tout espoir de conserver le San Gabriele après avoir perdu, du 18 août au 1er septembre, 132.000 hommes, morts, blessés ou disparus, plus de 145 canons, 322 mitrailleuses et 12.000 fusils. Jamais, depuis leur entrée en guerre, nos alliés n'avaient fait un aussi joli butin.

Vers le milieu de septembre, le ministre de la Guerre anglais, lord Derby, accompagné des généraux Macready et Maurice, fut l'hôte du roi d'Italie et du grand état-major.

Ce voyage précédait de quelques jours le déplacement, plusieurs fois remis, du roi Victor-Emmanuel, qui visita le front français depuis Verdun jusqu'à la mer, où il eut l'occasion de se rencontrer avec le Prési-

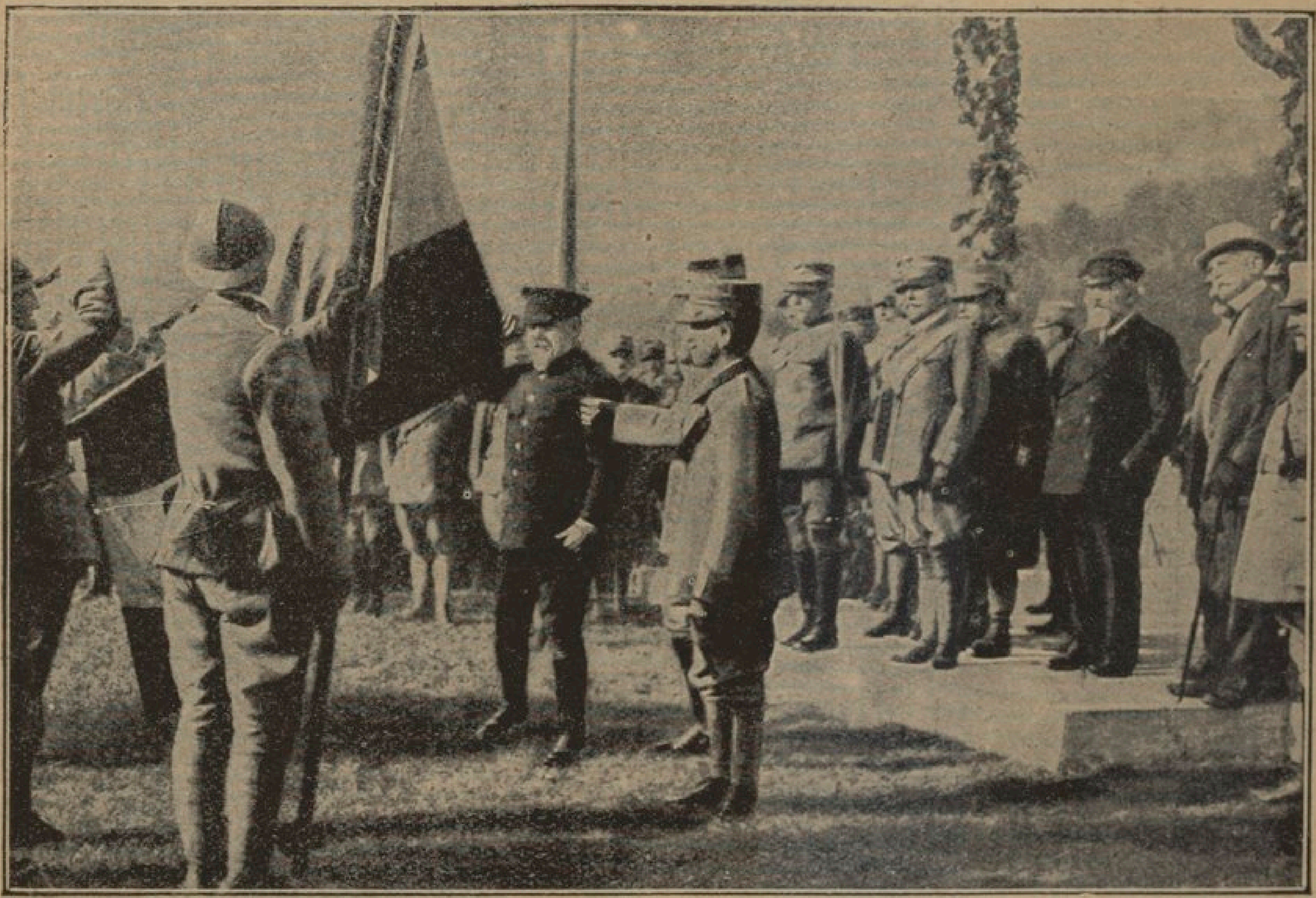


GÉNÉRAL WURM
Commandant les troupes autrichiennes du Carso.

dent de la République française et avec le roi Albert de Belgique.

Le général Kœvess effectuait sur le plateau de Bainsizza de violentes contre-attaques qui lui coûtaient plus de 2.000 prisonniers. Les états-majors des deux armées en présence éprouvaient de lourdes pertes au cours de ces furieux combats. Le général Capello était tombé à l'attaque du San Gabriele. Un peu plus tard, le général Antonio Cascino, commandant la fameuse brigade d'Avellino, qui avait emporté successivement le mont Kùt et le Vodice, mourut dans un hôpital des suites de ses graves blessures.

GÉNÉRAL A. RICORDI
Tué à la tête de sa brigade sur le San Gabriele.



M. POINCARÉ SALUANT, SUR LE FRONT ITALIEN, UN DRAPEAU DÉCORÉ

Ces derniers succès italiens ont dégagé définitivement Gorizia, que ne peuvent plus bombarder, comme autrefois, les batteries lourdes autrichiennes postées sur le San Gabriele et sur le San Daniele. L'état-major est maintenant libre de diriger ses efforts vers Trieste et Laybach et préparer la chute de l'Hermada, qui est le dernier rempart derrière lequel s'abritent encore les défenseurs de la place de Trieste.

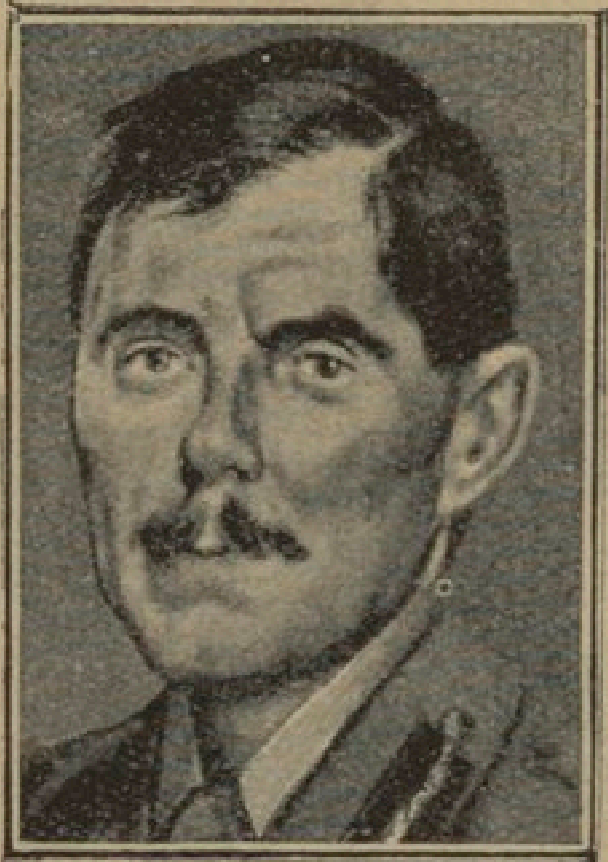
Actuellement, le moment des grandes offensives est passé sur le front de l'Isonzo où l'hiver va sévir, et cependant la situation des Italiens est beaucoup meilleure qu'elle ne l'était l'an dernier à pareille époque. L'ennemi a, en effet, perdu un grand nombre des sommets où il avait concentré sa défense à l'abri des neiges et des escarpements de la haute Montagne, ce qui affaiblit considérablement son pouvoir défensif.

Jusqu'au 15 octobre, les escarmouches se sont poursuivies sur les pentes septentrionales du mont San Gabriele ; à cette date, les Autrichiens bombardaient le front du bas Isonzo.

LES COMBATS SONT AUSSI OPINIATRES DANS LES AIRS QUE SUR TERRE

Ce qui domine la guerre aérienne, durant la dernière période, c'est la multiplicité des raids d'avions sur l'Angleterre. Les Allemands s'entêtent à atteindre Londres, sans que cette entreprise soit de nature à influer sur la ténacité et la détermination de nos alliés britanniques.

Quoi qu'il en soit, depuis le 12 août jusqu'au commencement d'octobre, les tentatives aériennes se sont poursuivies avec une fréquence inaccoutumée. A cette date, une escadrille d'une vingtaine d'avions ennemis, se divisant en deux groupes, bombardait Southend et Margate, sans aucune nécessité militaire. Les victimes furent des promeneurs, des femmes, des enfants ; il y eut 32 tués et 43 blessés, parmi lesquels 21 enfants et 31 femmes. Dans la nuit du 21 au 22, l'attaque se renouvela ; les avions étaient accompagnés de zeppelins d'un nouveau modèle, aux moteurs silencieux, qui essayèrent en vain de pénétrer dans l'intérieur du pays ; les aviateurs bombardèrent Margate, où il n'y eut aucune victime, puis Douvres et Ramsgate, tuant 11 personnes et en blessant 13, exclusivement dans la population civile. Les dégâts matériels furent peu considérables. Au retour, cinq des appareils allemands furent abattus en flammes.



LE MAJOR TRENCHARD
Chef du service de l'aviation britannique sur le front des Flandres.

CAPIT. GUYNEMER
Tué en avion devant Ypres le 11 septembre 1917.

Nouveau raid, dans la nuit du 2 au 3 septembre. Des aéroplanes ennemis survolent le comté de Kent. Le lendemain, deuxième apparition de l'escadrille, notamment sur Chatham. Au total, il y eut 86 blessés et 107 morts. Ce « succès », obtenu contre des personnes inoffensives, parut avoir calmé les Allemands pour quelques semaines, car ils ne reparurent que dans la soirée du 25 septembre ; les uns survolèrent le comté d'Essex, d'autres le comté de Kent, et certains parvinrent même jusqu'à Londres, où plusieurs quartiers reçurent des bombes ; une véritable bataille aérienne s'engagea au-dessus de la ville et dura plus d'une heure ; il y eut 7 morts et 35 blessés dans la population.

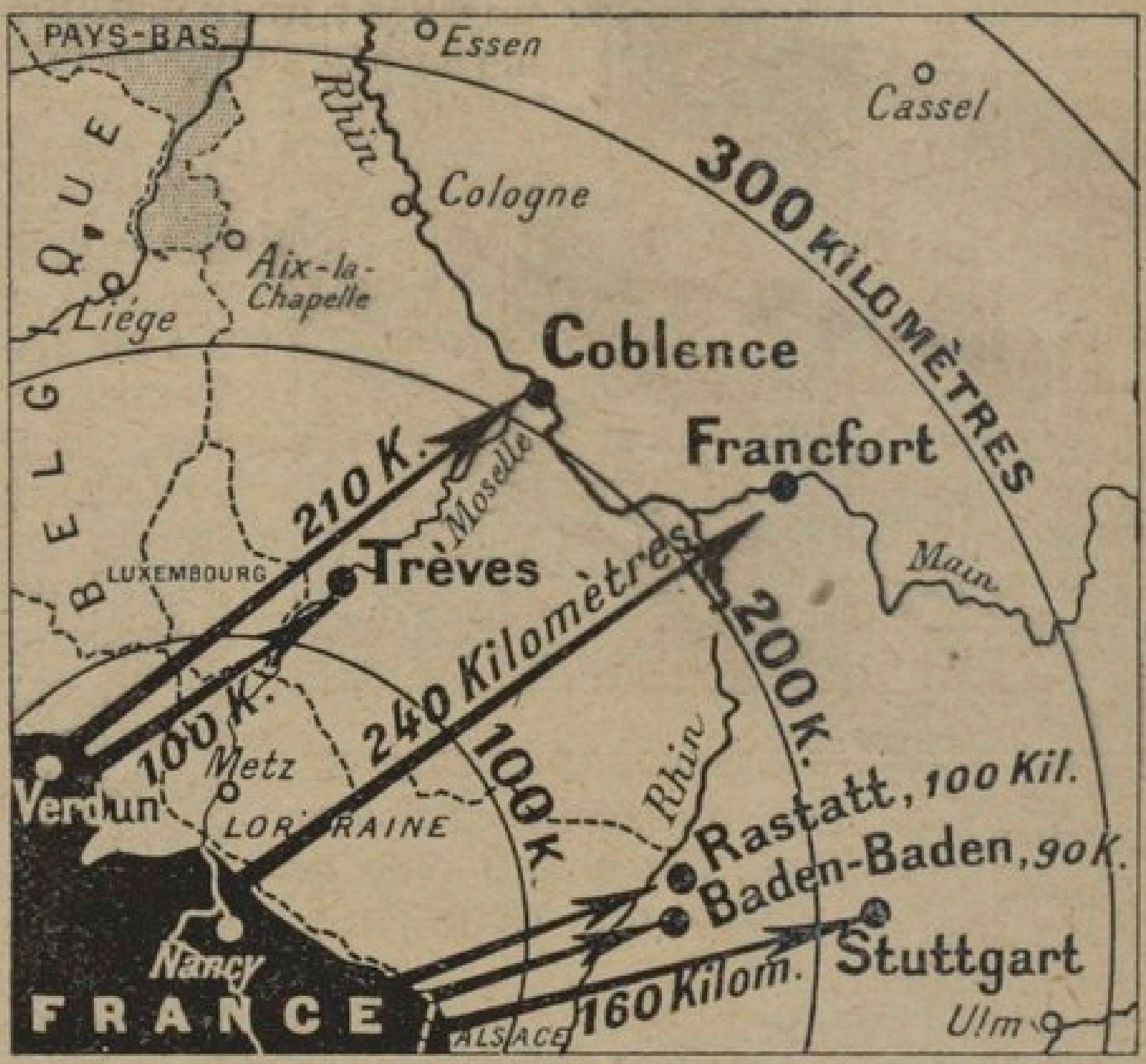
Le 28 septembre, attaque des côtes d'Essex de Kent et de Suffolk, sans résultat pratique. Le 30, les assaillants sont plus heureux : divisés en trois groupes, ils peuvent parvenir aux abords de Londres, mais, grâce à une bonne organisation de la défense, deux ou trois appareils seulement volent au-dessus de la capitale et lancent des bombes, tuant 11 personnes et en blessant 82, sans troubler, d'ailleurs, l'admirable calme de la population. Dans les trois journées qui suivirent, d'autres attaques se produisirent, dont le principal effet fut de donner une immense force au courant d'opinion réclamant des représailles énergiques et incessantes sur les villes allemandes, ouvertes ou non.

On sait que le torpillage des navires-hôpitaux avait été pratiqué par nos ennemis avec cynisme, jusqu'au jour où l'on s'avisa de placer des prisonniers allemands à bord de ces bateaux. On peut rapprocher de ces actes criminels le bombardement, par des avions germaniques, de nos hôpitaux de la Meuse, bombardement quotidien, accompli en pleine connaissance de cause, dans le laps de temps qui s'écoula entre le 10 et le 18 août. Plusieurs infirmières furent tuées, d'autres blessées,

LIEUT. DE TURENNE
Le 30 septembre il remportait sa cinquième victoire.

ainsi que de nombreux soldats. Le total des morts fut de 43, et il y eut 55 blessés. A la suite de ces faits, M^lle de Baye, grièvement atteinte et dont la conduite avait été admirable, reçut la croix de la Légion d'honneur.

Il est clair qu'on ne saurait admettre la passivité devant de pareils attentats, non plus qu'en présence du bombardement de nos villes ouvertes et que des représailles s'imposent. C'est là le seul moyen de calmer la rage meurtrière des Allemands, qui ne céderont qu'à la frayeur. On ne l'a qu'imparfaitement compris jusqu'ici. Néanmoins, au cours de la première dizaine du mois d'août, en représailles des bombardements effectués par les ennemis sur Nancy et diverses localités de la région nord de Paris, deux de nos avions, pilotés par le lieutenant Mézergues et par le sous-lieutenant Beaumont, allèrent, à 300 kilomètres de nos lignes, bombarder Francfort-sur-le-Mein, et revinrent sans mal, après l'accomplissement de leur mission. Un peu plus tard, dans la nuit du 4 au 5 septembre, et en représailles des bombardements effectués par les Allemands sur nos formations sanitaires, deux de nos appareils allèrent lancer des bombes sur la ville de Trèves. Puis, dans la nuit du 1er au 2 octobre, à la suite des attaques dirigées contre Dunkerque et Bar-le-Duc par des aviateurs ennemis, nos escadrilles bombardèrent Stuttgart, Trèves, Coblentz et Francfort-sur-le-Mein. Le lendemain, c'était le tour de Bade, et, enfin, Francfort et Rastadt recevaient la visite de nos aviateurs. L'opinion a accueilli très favorablement ces expéditions, mais, encore une fois, il est indispensable de les multiplier sans relâche.



LES VILLES ALLEMANDES LES PLUS RÉCEMMENT BOMBARDÉES PAR LES ESCADRILLES AÉRIENNES FRANÇAISES

Durant ce temps, l'aviation purement militaire n'a pas chômé. Anglais et Français se sont distingués, comme toujours. Les Belges aussi. Un des leurs, le sous-lieutenant Thieffry descendait, le 17 août, deux appareils allemands en moins de deux minutes. Rappelons aussi l'aventure héroïque du lieutenant français Manceron et du lieutenant belge Toussaint, montant le même appareil, qui engagèrent le combat contre neuf albatros, en descendirent un et mirent les autres en fuite. Ce fut vers le même temps, exactement le 17 août, qu'on put voir cent onze avions français s'élancer vers les installations ennemies et jeter sur elles près de 14.000 kilos de projectiles. La veille, les aviateurs anglais avaient bombardé Ostende, ainsi que la gare de Thourout et le centre d'aviation de Ghistelles, où se déclarèrent de violents incendies. Le 22, secondés par des navires de guerre, des hydravions britanniques bombardèrent Zeebrugge. Le 2 septembre, nos appareils lançaient 16 tonnes de projectiles sur les terrains d'aviation de Colmar, de Frescaty, d'Habsheim, sur les gares de Conflans, Cambrai, Thionville, etc. En un mot, l'activité aérienne des Anglo-Français ne s'est pas ralentie un instant jusqu'aux premiers jours d'octobre, et les Italiens, de leur côté, infligeaient de rudes leçons aux Autrichiens. Nous mentionnerons en particulier les deux bombardements des ouvrages militaires et maritimes de Pola, exécutés le 2 août par trente-six, et, le 3 septembre, par trente avions. En revanche, un raid ennemi sur Venise échoua à peu près complètement.

Nous aurions donc lieu de nous réjouir, si l'aviation française n'avait pas fait, le 11 septembre, une perte cruelle dans la personne du jeune capitaine Guynemer, le plus glorieux de ses combattants aériens, qui ne comptait pas moins de cinquante-trois victoires à son actif. On a dit avec raison que sa mort était un deuil national, car son nom était le plus populaire de tous ceux qui sont inscrits au livre d'or de l'aviation. Les conditions de la fin de ce héros furent d'abord enveloppées d'un certain mystère, et l'on remarqua que les communiqués allemands étaient muets à son sujet, mais sa mort fut enfin confirmée par nos ennemis. De nouveaux « as » se sont révélés pendant la période écoulée ; nous citerons notamment le lieutenant de Turenne qui, le 30 septembre, avait brillamment abattu son cinquième avion ennemi.

Nous ne terminerons pas sans rappeler le bel exploit de cet aviateur italien, le capitaine Laureati, qui, sans escale, accomplit, porteur de lettres et de journaux, le voyage de Turin à Londres, effectuant ainsi un trajet de 1.200 kilomètres en 6 heures 55.

LES ÉVÉNEMENTS DE MER

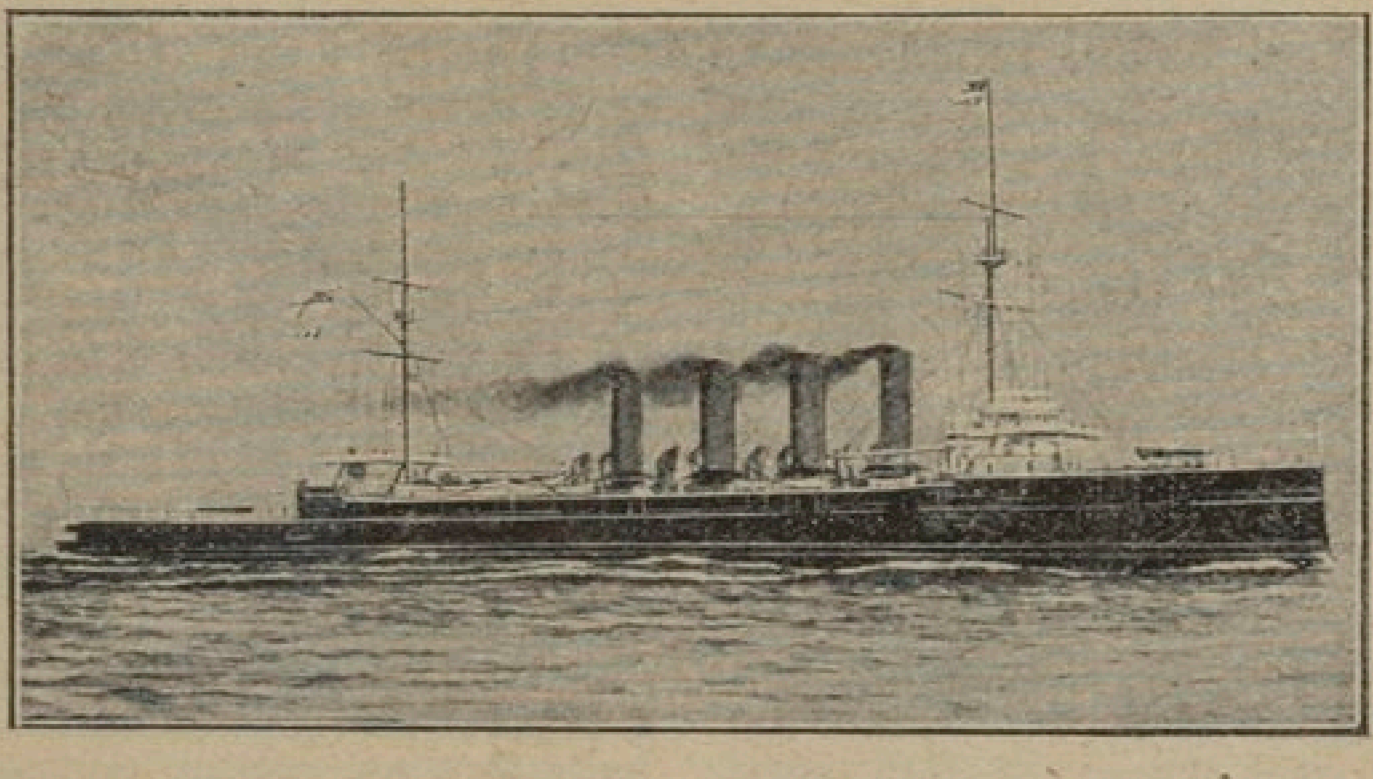
JUSQU'AU 12 octobre 1917, jour où elle appuya, sans grands risques d'ailleurs, le débarquement de deux divisions allemandes dans les îles russes commandant l'entrée du golfe de Riga, la flotte du kaiser était restée cachée. On doit reconnaître, d'ailleurs, que les rares rencontres navales enregistrées depuis le mois d'août 1914 n'avaient pas été à l'avantage de nos ennemis, à peu près écrasés dès qu'ils avaient voulu faire face aux navires britanniques. Les brefs exploits du *Breslau* et du *Gœben*, et ceux de deux ou trois croiseurs qui s'attaquèrent à de petites unités isolées, les coulant sauvagement, sont depuis longtemps oubliés. Nous l'avons déjà dit, et nous pensons qu'il n'est pas mauvais de le répéter, la flotte germanique, malgré le coup des îles Dago et d'Œsel, a fait faillite. Il n'y a pas d'autre mot pour caractériser la médiocrité de son action. D'autre part, les révélations du ministre allemand de la Marine sur les révoltes qui se sont produites à bord de plusieurs grandes unités, indiquent une situation extrêmement périlleuse pour nos ennemis.

VICE-AMIRAL WEMYSS
Successeur de l'amiral Burney comme second lord de l'Amirauté.

L'Allemagne, on s'en souvient, a cru prendre une revanche éclatante avec la guerre sous-marine. Sur la foi de ses gouvernants, son peuple a été convaincu, et peut-être l'est-il encore, qu'au moyen de cette piraterie l'Angleterre allait enfin recevoir le coup mortel, et ses alliés avec elle. On peut admettre que le kaiser et son entourage étaient persuadés de cela, sans quoi ils n'auraient pas commis la faute énorme, et maintenant irréparable, de provoquer l'indignation, puis l'entrée en guerre des Etats-Unis. On s'imaginait à Berlin qu'il suffirait de deux ou trois mois de guerre sous-marine pour affamer la nation anglaise et l'obliger à demander la paix. C'était bien mal la connaître.

VICE-AMIRAL KOZE SATO
Commandant l'escadre japonaise qui opère avec les flottes alliées.

Dans un de ses derniers discours, M. Lloyd George, avec la netteté qu'il apporte toujours dans ses exposés, a montré l'insuccès de cette campagne sous-marine, de laquelle l'Allemagne, impuissante sur terre, espérait le triomphe de ses folles ambitions, et dont elle exaltait les résultats avec l'audace dans le mensonge qui lui est coutumière. « En ce qui concerne nos pertes en tonnage, a dit M. Lloyd George, les Allemands ont fait circuler des chiffres exagérés. Dans le seul mois d'avril, il est vrai, nous avons perdu 560.000 tonnes, mais, en juillet, ce chiffre est tombé à 320.000 et depuis nos pertes ont encore diminué, si bien que la moyenne mensuelle est tombée à 250.000 tonnes. Si nos pertes pour les dernières semaines d'août restent au taux actuel, cette moyenne pour juillet



LE CROISEUR PROTÉGÉ ANGLAIS « ARIADNE »
Torpillé par un sous-marin le 27 août 1917.

et août descendra à 175.000 tonnes par mois. Nous voilà loin des chiffres annoncés par les Allemands qui prédisaient notre ruine en quelques mois. Dans les premiers six mois de leur campagne sous-marine intensifiée, nous n'avons perdu que la moitié des chiffres annoncés par eux et, actuellement, nous perdons seulement un tiers. D'autre part, à mesure que nos pertes diminuent, nos constructions augmentent. Les plans de l'Amirauté pour lutter contre la menace sous-marine sont de plus en plus couronnés de succès en dépit de l'augmentation croissante du nombre des pirates ennemis. »

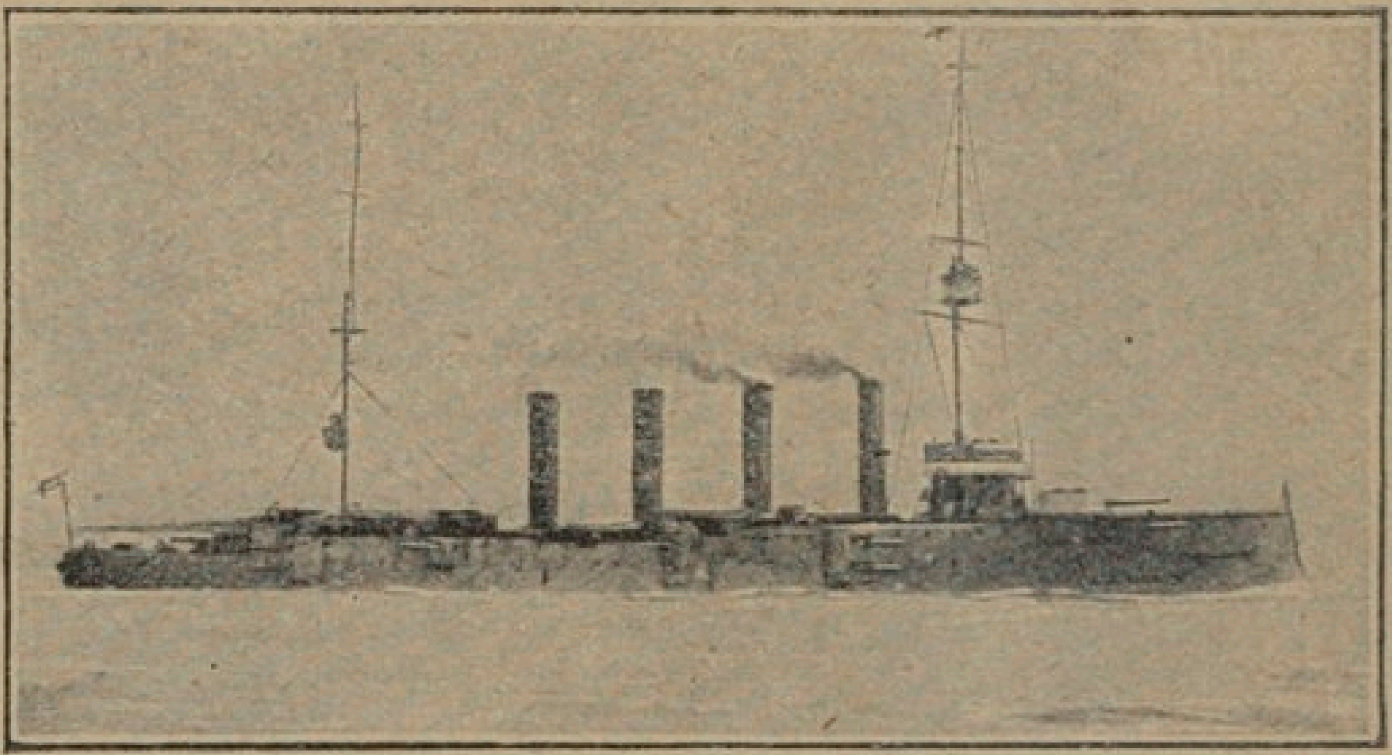
Ce discours d'hier est encore la vérité d'aujourd'hui, en dépit des forfanteries ridicules de l'amiral Tirpitz, se flattant de mettre l'Angleterre aux genoux de l'Allemagne. En réalité, les deux derniers mois de la guerre maritime n'ont rien changé à la situation indiquée par M. Lloyd George. La destruction des navires de commerce a marqué la même tendance à diminuer, et nombreux furent ceux de ces bâtiments qui se défendirent vigoureusement et victorieusement contre les hideux pirates.

Comment ne mentionnerions-nous pas, à ce propos, la magnifique conduite de l'équipage du voilier *Kléber*, renouvelant, contre un sous-marin allemand, une des plus belles et audacieuses manœuvres de Jean-Bart, et tenant tête jusqu'au bout à son formidable adversaire ? On se souvient que le Président de la République se rendit à Lorient, le 2 octobre, pour remettre des décorations à ces héroïques marins.

Les Allemands, on en conviendra, ne sauraient tirer vanité du torpillage des vapeurs *Parana* et *Amiral-Kersaint*, non plus que de la victoire de l'un d'entre eux sur une paisible barque de pêche espagnole, canonnée et coulée au large de Bilbao. Le commandant du sous-marin voulut bien informer les autorités espagnoles qu'il s'agissait d'une simple erreur, et qu'il avait pris la barque en question pour un bateau de pêche français. Un autre submersible allemand, qui s'attaquait aux petites embarcations transportant des fruits ou des légumes, fut coulé par un croiseur japonais à quelques milles de Port-Vendres, et, dans les premiers jours d'octobre, quatre sous-marins ennemis furent détruits par les Anglais dans la mer du Nord. En dehors de ces faits, il y a lieu de mentionner le torpillage, au large des côtes d'Irlande, du croiseur-cuirassé britannique *Drake*.

Nos ennemis ont bruyamment triomphé à l'occasion des avantages qu'ils ont remportés sur la flotte russe dans le golfe de Riga, mais ils ont perdu plusieurs contre-torpilleurs et, assure-t-on, un croiseur moderne.

Voilà ce qu'on voit de la guerre navale. Mais, ce que l'on ne voit pas, c'est l'effort, énorme et silencieux de l'Angleterre et de l'Amérique, effort qui aura raison de la fureur allemande. Sait-on que dans le courant du mois de novembre de cette année, les Etats-Unis auront mis en activité les trois cents contre-sous-marins dont ils décidèrent la construction à la fin du printemps ? De ces bateaux, vingt-cinq furent livrés en août et cinquante en septembre ; cent cinquante autres s'achevaient pour octobre, et, comme nous venons de le dire, le chiffre total devait être atteint à la fin de novembre. Il serait prématuré de se prononcer sur l'action de ces contre-sous-marins, mais, en face d'une aussi prodigieuse exécution, on comprend ce que sera l'activité américaine dans la guerre et de quel poids écrasant elle accablera l'Allemagne. Celle-ci semble le comprendre, car, à part quelques feuilles sans importance, la presse germanique, dans son ensemble, s'est gardée de ces sottes railleries qu'elle prodigua, il y a trois ans, à la « méprisable » armée anglaise qui inflige à cette heure des échecs si douloureux et si sanglants aux bataillons allemands. Cette prudence ne vient pas de la sagesse : elle est la fille de la crainte.



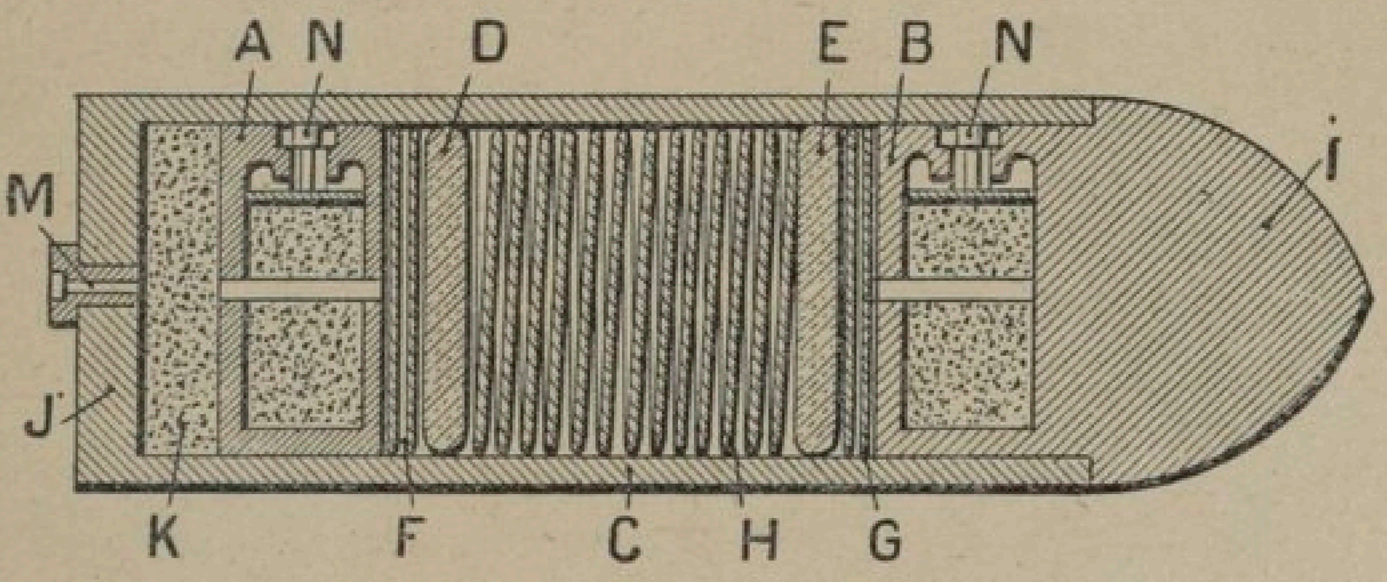
LE CROISEUR-CUIRASSÉ ANGLAIS « DRAKE »
Torpillé par un sous-marin le 2 octobre 1917 au large de la côte septentrionale d'Irlande.

En somme, on peut considérer, désormais, que l'Allemagne, contenue sur terre, quand elle n'est pas refoulée, est à la veille d'assister à l'effondrement de son rêve maritime. La guerre sous-marine ne pouvait réussir qu'à la condition d'être foudroyante. En tirant en longueur, elle devait aboutir à un fiasco. C'est ce qu'on commence à discerner. Nous ne signalerons que pour mémoire, en terminant, les signes d'énervement, de lassitude, qui se manifestent chez nos ennemis, et dont l'un des plus significatifs est la révolte collective des marins de Wilhelmshafen.

LES TORPILLES LIÉES CONVERGENTES

Par Auguste RANTY

Les mines marines flottantes, ou torpilles mouillées, qui se placent dans les mers aux points présumés où passeront les navires ennemis dont on recherche la destruction, doivent être, on le comprend aisément, employées en très grande quantité pour qu'il y ait quelque chance que l'une d'elles, au moins, ait un effet utile. La mer est vaste, en effet, et, quoique les navires qui la sillonnent ne suivent généralement que des chemins nettement déterminés et très bien connus, il n'y a qu'une très petite probabilité pour qu'ils rencontrent sur leur passage une torpille isolée, point infime dans l'océan immense.



LA BOMBE CONTENANT LES TORPILLES ET LE CABLE

A, *torpille postérieure ;* B, *torpille antérieure ;* C *enveloppe de la bombe ;* D E, *flotteurs ;* F G, *partie du câble entre les flotteurs et les torpilles réglant la profondeur d'immersion de celles-ci ;* H, *câble de liaison entre les deux flotteurs ;* I, *ogive de la torpille antérieure servant aussi d'ogive à la bombe-obus ;* J, *culot ;* K, *charge d'éclatement de la bombe-obus ;* M, *canal ou lumière pour l'allumage de ladite charge ;* N N, *système de mise de feu des torpilles.*

Ce que l'on appelle, en effet, en mer, les routes, ou les chemins, ou les pistes, et qui sont indiqués sur les cartes par des traits conventionnels, n'a rien d'analogue avec les routes terrestres, et le navire ne les suit d'ailleurs qu'approximativement. Leur aire s'étend sur une largeur d'au moins un ou plusieurs kilomètres sur les petits parcours et dans les mers resserrées, et énormément plus sur les grands parcours dans l'océan. Pour avoir la certitude qu'un navire touchera une mine sur son chemin, en supposant que celui-ci n'ait qu'une largeur d'un kilomètre, et en donnant au navire une largeur de 10 mètres, il faudrait en placer 100 à 10 mètres l'une de l'autre, sur une ligne perpendiculaire audit chemin, ce qui est beaucoup et pratiquement impossible.

Mais il est possible de recourir à un artifice pour réduire considérablement ce nombre. On utilise alors les torpilles liées ou accouplées.

Si, en effet, on joint deux torpilles par une corde ayant, par exemple, 100 ou 200 mètres de longueur, et qu'on les place ainsi (la corde étant, bien entendu, complètement déployée en ligne droite) dans la perpendiculaire du chemin que doit suivre un navire, il est clair qu'il y aura beaucoup plus de probabilités pour que celui-ci rencontre soit la corde, soit les torpilles, que si ces dernières n'étaient pas liées et ne formaient, par conséquent, chacune qu'un point. Et, pour barrer complètement et efficacement une route d'un kilomètre de largeur, il suffira de cinq systèmes de torpilles liées deux à deux par une corde de 200 mètres (soit 10 torpilles en tout ou le double, si la corde de liaison n'a que 100 mètres) assez bien placés sur une même ligne droite perpendiculaire à la marche. La proue du navire, en rencontrant la corde, qui est lestée par de petits flotteurs, aussi peu visibles que possible, afin qu'elle se maintienne à la surface

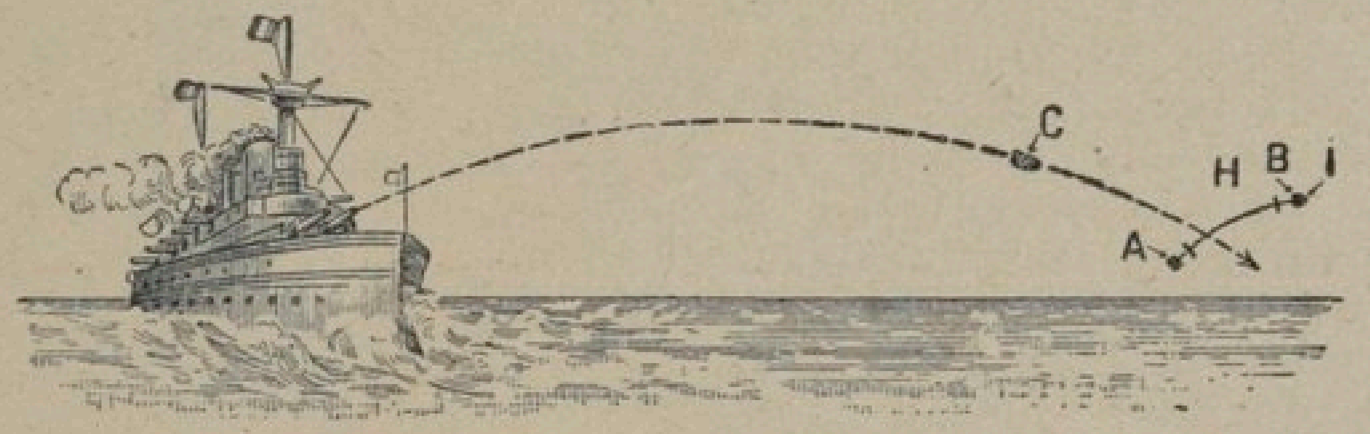
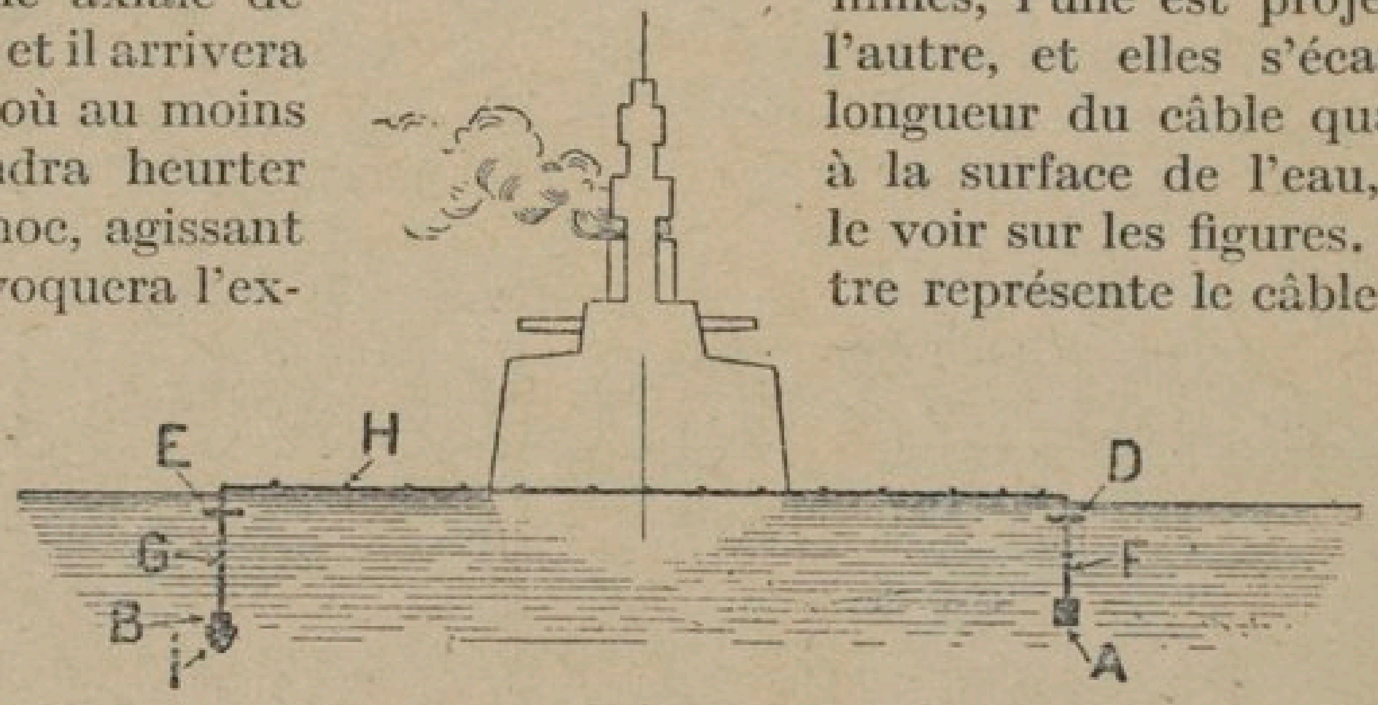


FIGURE MONTRANT LE LANCEMENT DE LA BOMBE-OBUS PAR LE CANON DU NAVIRE

A B, *les deux torpilles lancées de part et d'autre après l'éclatement de la bombe ;* C, *la bombe-obus sur sa trajectoire avant son éclatement ;* H, *câble de liaison des deux torpilles ;* I, *ogive de la torpille* B.

de l'eau ou très légèrement au-dessous, l'entraînera avec elle; les deux torpilles, liées chacune à un de ses bouts, seront également entraînées, mais, par suite de la résistance que l'eau opposera à leur déplacement et la flexibilité du lien qui les unit, leur marche sera convergente, c'est-à-dire qu'elles tendront à se rapprocher sans cesse et de plus en plus de la ligne axiale de marche du navire, et il arrivera ainsi un moment où au moins l'une d'elles viendra heurter son flanc, et le choc, agissant sur l'antenne, provoquera l'explosion de la façon ordinaire.



LE CABLE DE LIAISON ENTRE LES DEUX FLOTTEURS DES TORPILLES TENDU SUR LE CHEMIN DU NAVIRE

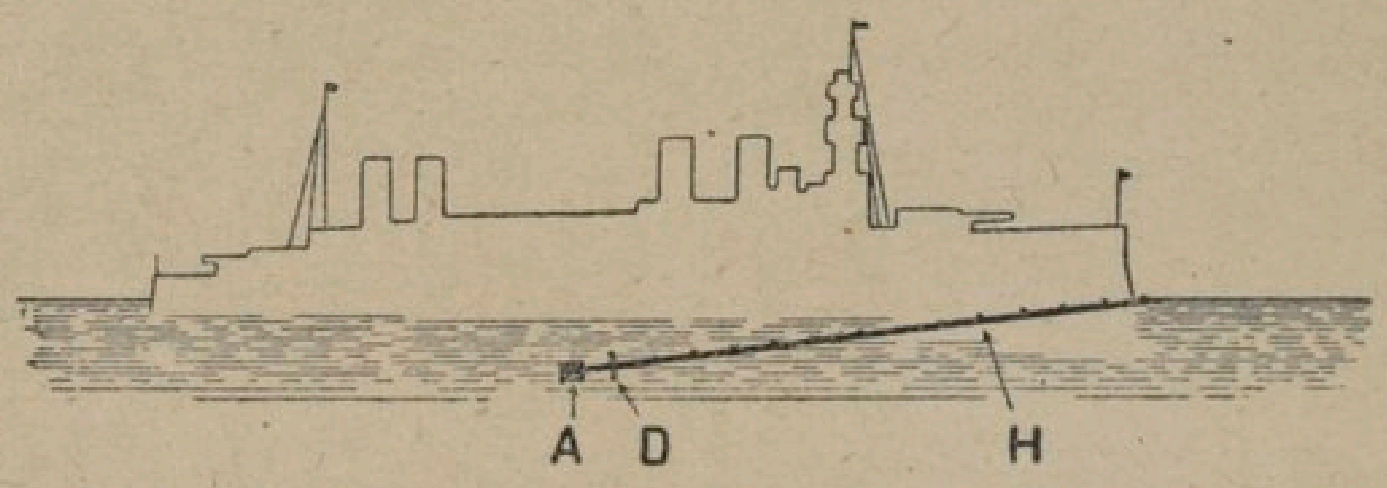
A B, *torpilles ;* E D, *flotteurs réglant la profondeur d'immersion ;* F G, *partie du câble entre les flotteurs et les torpilles ;* H, *câble tendu entre les deux flotteurs ;* I, *ogive de la torpille* B.

C'est ainsi que certains navires français et anglais ont sauté en pleine mer.

Un industriel italien, M. Giovani-Emanuele Elia, a imaginé et fait breveter en 1914, en France et dans les principaux pays (brevet français nº 473.708, brevet allemand nº 231.611) un procédé pour lancer à distance ces mines sous-marines accouplées, à la manière de projectiles, soit d'un canon monté à terre ou sur un navire, soit d'un aéroplane ou d'un ballon dirigeable, de façon à constituer rapidement un barrage explosif ou un réseau de barrages sur la route suivie par un navire ou une escadre. Les deux torpilles, munies chacune d'un flotteur approprié, sont logées, avec la corde qui les relie, dans une enveloppe commune, sorte d'obus à mince paroi ouvert à l'avant, constituant un projectile pouvant être lancé par un canon de la manière habituelle. L'une d'elles, celle d'avant, porte une ogive destinée à former la tête du projectile, et celle d'arrière repose sur une charge explosive placée dans le fond de l'enveloppe et munie d'une fusée à temps. La corde de liaison et les deux flotteurs trouvent leur place au milieu, entre les deux mines. L'ensemble, en somme, constitue un shrapnell d'un genre un peu particulier.

Quand le projectile a été lancé par le canon, la fusée, réglée avant le lancement, fait éclater la charge de poudre à un point déterminé de la trajectoire, et l'ensemble formé par les mines, leurs flotteurs et le câble est chassé de l'enveloppe. Par suite de la différence de poids ou de densité des deux mines, l'une est projetée plus loin que l'autre, et elles s'écartent de toute la longueur du câble quand elles arrivent à la surface de l'eau, ainsi qu'on peut le voir sur les figures. Le dessin ci-contre représente le câble flottant à la surface et les mines maintenues à une profondeur déterminée par leurs flotteurs. Lorsqu'un navire vient heurter un barrage ainsi formé, il entraîne le câble de sorte que celui-ci vient s'appliquer contre ses flancs, ainsi que les mines qu'il remorque, comme il est expliqué plus haut. Ces mines étant maintenues à une certaine distance au-dessous de l'eau, viendront toucher le navire au-dessous de la flottaison, plus bas que la ceinture cuirassée, par conséquent en un point particulièrement vulnérable.

L'explosion peut être provoquée soit automatiquement par le choc même sur le flanc du navire (par un système à antenne ou tout autre), soit par une fusée à temps dont chaque mine est pourvue et qui doit être convenablement réglée au moment du lancement. L'explosion se produira lorsque les mines accouplées occuperont la position représentée par la figure ci-dessus.



LE NAVIRE ENTRAINE LE CABLE, ET LES TORPILLES SUIVENT UNE LIGNE CONVERGENTE

A, *torpille ;* D, *flotteur ;* H, *câble reliant les deux torpilles.*

Si le câble est rencontré par le périscope d'un bateau sous-marin naviguant en demi-plongée, les mines viendront de même s'appliquer contre les flancs de la coque de celui-ci, ce qui entraînera sa destruction.

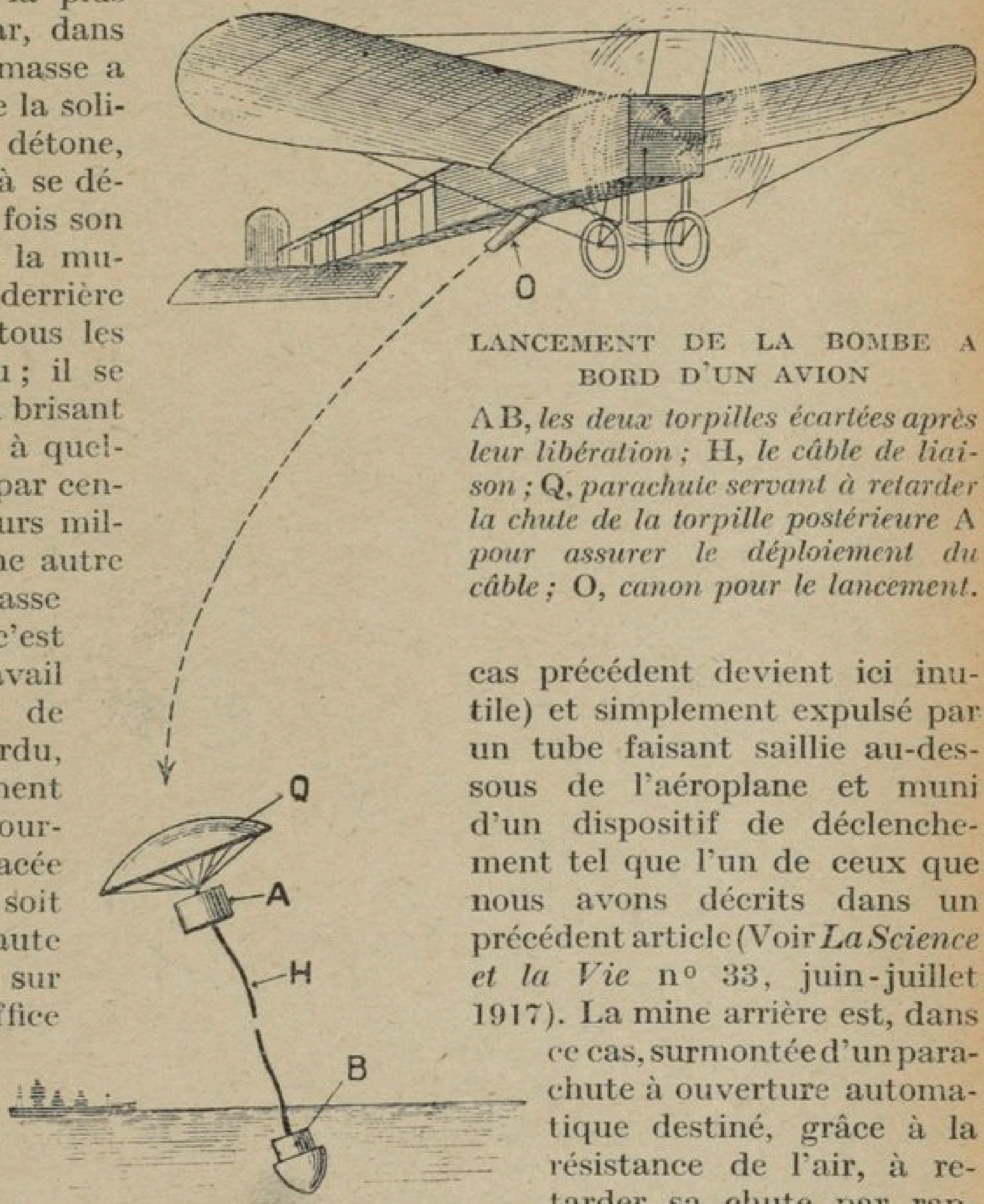
La partie du câble qui se trouve entre le flotteur et la torpille, et qui maintient celle-ci

à une profondeur déterminée au-dessous de la surface, doit être réglable. Ce réglage doit se faire avant le lancement, et il n'est pas sans importance. De lui, en effet, dépend la plus ou moins bonne utilisation de l'explosif. Si la torpille est maintenue trop près de la surface, son effet destructeur sera peu important ou même presque anodin ; il sera maximum si elle est immergée à la plus grande profondeur possible, car, dans la résistance des milieux, la masse a beaucoup plus d'importance que la solidité : au moment où l'explosif détone, le gaz produit, qui demande à se détendre de plusieurs milliers de fois son volume, rencontre, d'un côté la muraille du navire, solide, mais derrière laquelle il y a un vide, et, de tous les autres côtés, des masses d'eau ; il se fraye un passage vers le vide en brisant la muraille, faite pour résister à quelques dizaines de kilogrammes par centimètre carré, et non à plusieurs milliers ; il se fraye également une autre voie vers la surface, où la masse d'eau est le moins épaisse, et c'est ce qui produit la gerbe. Le travail représenté par la production de cette gerbe est du travail perdu, diminuant d'autant le rendement utile de l'explosif, et c'est pourquoi la torpille doit être placée très bas, afin que la gerbe soit moins haute ou nulle, la haute colonne d'eau, qui pèse alors sur elle, faisant, pour ainsi dire, l'office d'un bourrage. De plus, la torpille ainsi placée heurtera la coque au-dessous de la ceinture cuirassée, si le navire attaqué en possède une, dans ses œuvres basses, là où il est le plus vulnérable aux coups qu'on peut lui porter.

Mais il y a lieu de tenir compte d'une autre considération. Si ladite torpille est immergée trop profondément et si le navire n'a qu'un faible tirant d'eau — ils sont nombreux actuellement — il y aura risque qu'elle ne le touche pas, passant au-dessous de lui et, en l'absence de choc, qu'elle n'éclate pas. L'opération sera manquée. Même si l'explosion a lieu néanmoins grâce à une fusée à temps allumée au départ, elle se produira à une certaine distance de la coque et non à son contact immédiat, et le résultat sera très atténué, par conséquent insuffisant.

C'est à l'opérateur de voir, avant le lancement, à quel genre de bateau il a affaire, et de régler l'immersion en conséquence.

Pour le lancement du système à l'aide d'un aéroplane ou d'un ballon, ce qui présente dans certaines circonstances de grands avantages, on peut employer un canon comme à bord des navires, ou bien l'ensemble des mines, des flotteurs et du câble est emmagasiné dans une enveloppe appropriée (la charge de poudre employée dans le



LANCEMENT DE LA BOMBE A BORD D'UN AVION

A B, *les deux torpilles écartées après leur libération ;* H, *le câble de liaison ;* Q, *parachute servant à retarder la chute de la torpille postérieure* A *pour assurer le déploiement du câble ;* O, *canon pour le lancement.*

cas précédent devient ici inutile) et simplement expulsé par un tube faisant saillie au-dessous de l'aéroplane et muni d'un dispositif de déclenchement tel que l'un de ceux que nous avons décrits dans un précédent article (Voir *La Science et la Vie* n° 33, juin-juillet 1917). La mine arrière est, dans ce cas, surmontée d'un parachute à ouverture automatique destiné, grâce à la résistance de l'air, à retarder sa chute par rapport à la mine avant, afin d'assurer le déploiement complet du câble pendant le trajet de l'ensemble dans l'espace. L'avion suivra alors une route plus ou moins perpendiculaire à celle du bateau ou de l'escadre qu'il s'agira de détruire, en se tenant de préférence à une hauteur telle qu'il sera peu ou point visible pour les navires tout en voyant suffisamment ceux-ci, comme c'est à peu près le cas à 3.000 mètres. Guidé par son appareil de visée, il lancera ou laissera tomber à la surface de l'eau, en un point convenablement choisi, un nombre suffisant de mines accouplées pour que l'ennemi en rencontre au moins une sur son chemin.

Telles sont les principales caractéristiques des mines ou torpilles dites convergentes.

Auguste Ranty.

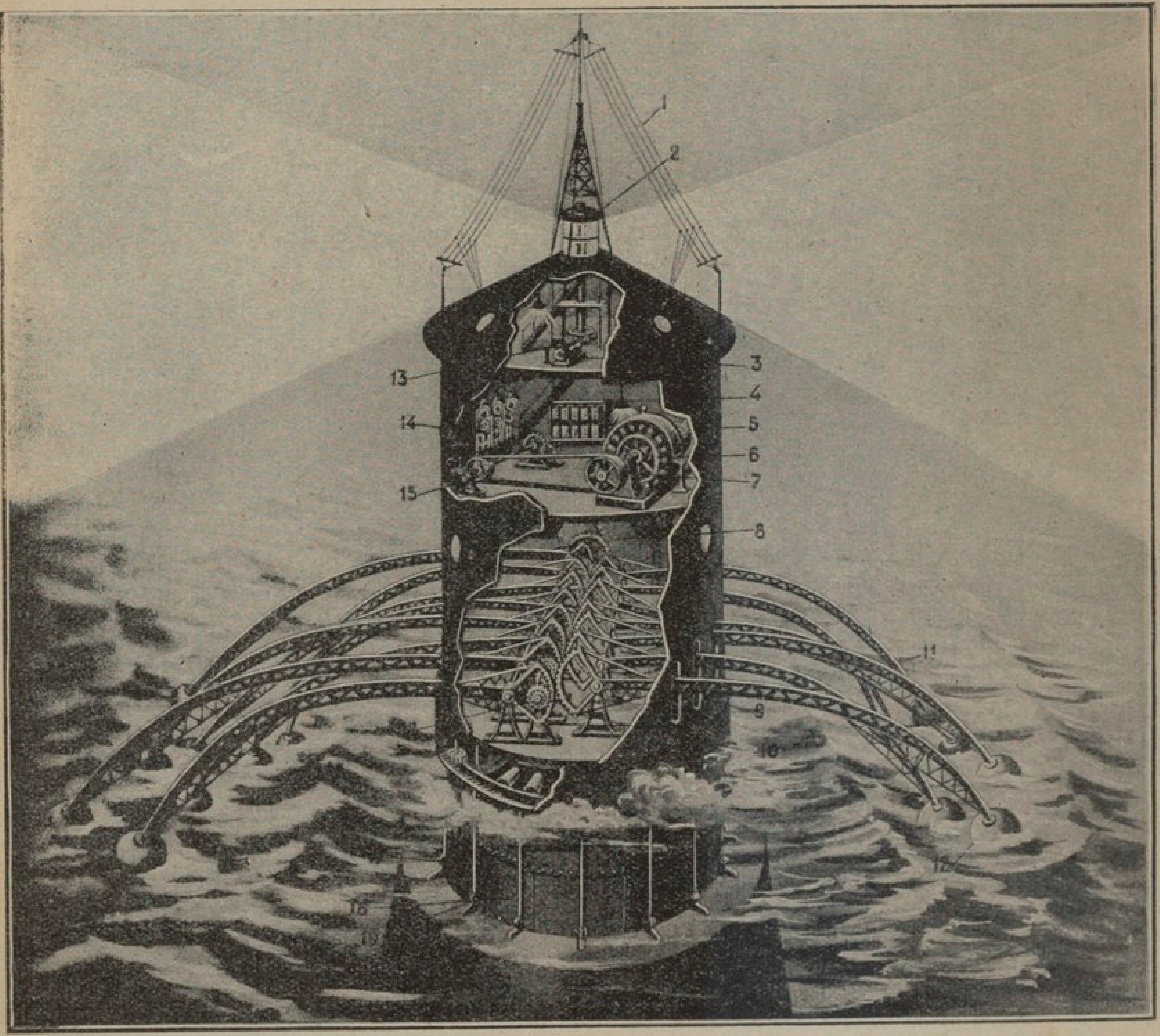
CURIEUSE UTILISATION DE LA PUISSANCE DES VAGUES

L'idée de M. J. Verner est assez originale, et la figure ci-dessous en représente l'application à un puissant phare électrique renfermant une station de T. S. F.

Le bâtiment se compose d'une tour métallique flottante, en tôle d'acier, et d'une cuve cylindrique sous-marine en ciment.

Le mouvement de va-et-vient vertical des vagues est transmis à un arbre moteur au moyen de longs leviers métalliques arqués portant à l'une de leurs extrémités un secteur denté engrenant avec des pignons.

A l'autre extrémité de chaque levier est fixée une sphère creuse faisant office de flotteur et que les vagues soulèvent en s'élevant. Chaque fois qu'un flotteur monte, le secteur denté correspondant agit sur l'arbre central pour le faire tourner ; quand le flotteur redescend, le secteur se déplace sans engrener sur le pignon calé en face de lui sur l'arbre. Ce dernier est donc animé d'un mouvement de rotation continue qu'une poulie transmet à une dynamo servant à l'éclairage du phare et à l'alimentation des appareils de T. S. F.

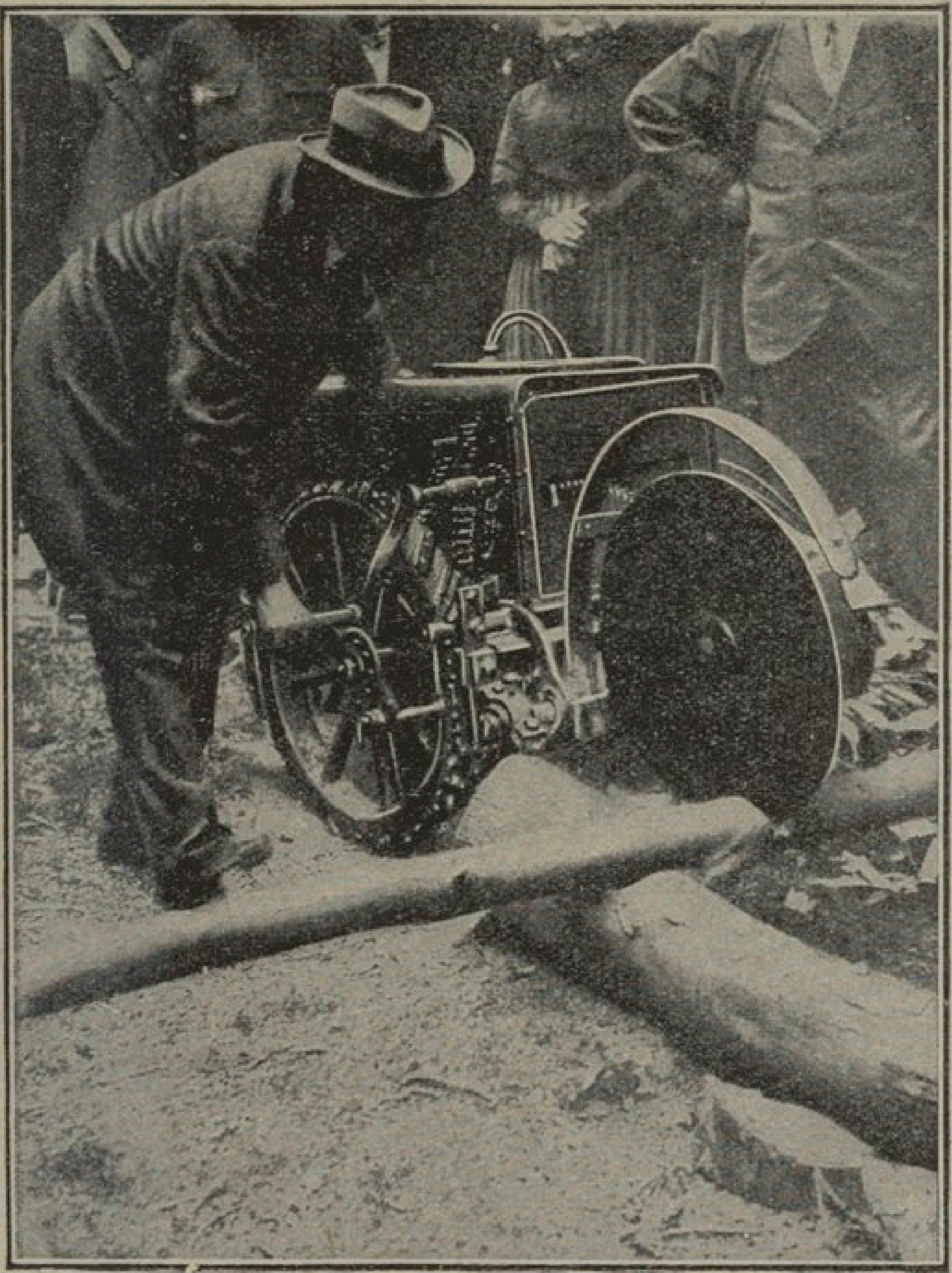


1, *antennes de la T. S. F.*; 2, *lanterne du phare*; 3, *moteur électrique actionnant la lanterne du phare*; 4, *batterie d'accumulateurs*; 5, *entre-fer*; 6, *dynamo génératrice*; 7, *volant-poulie*; 8, *chaîne transmettant le mouvement de rotation de l'arbre moteur central au renvoi*; 9, *arbre de pivotement des leviers à flotteurs*; 10, *secteurs dentés des leviers moteurs*; 11, *levier articulé à flotteur*; 12, *sphère creuse servant de flotteur*; 13, *mécanisme faisant tourner la lanterne*; 14, *tableau de la T. S. F. et du chargement des accumulateurs*; 15, *mécanisme de levage et d'abaissement de la tour métallique du phare*; 16, *pignon automatique et embrayage*; 17, *galets pour le guidage de la tour du phare*; 18, *réservoir à air*; 19, *chambre de flottabilité de la tour du phare*; 20, *cuve en ciment dans laquelle flotte la tour du phare*.

UNE SCIE ÉLECTRIQUE POUR ABATTRE ET DÉBITER LES ARBRES

Par Louis RUEF

On tend de plus en plus à remplacer l'ouvrier par la machine. Dans cet ordre d'idées, l'industrie forestière, en ce qui concerne l'abatage et le façonnage des bois, vient d'enregistrer un essai heureux. Jusqu'ici, les bûcherons, par équipes, s'attaquaient aux arbres de nos forêts et les débitaient sur place ou les transportaient aux scieries mécaniques voisines qui se chargeaient du façonnage. Pour suppléer à la pénurie de main-d'œuvre, un industriel morvandais, M. Pioche, d'Etang, vient de construire un petit appareil, relativement léger et aisément transportable, à l'aide duquel la scie mécanique est amenée à pied d'œuvre et se substitue au bûcheron dont le travail est ainsi accompli plus facilement et plus rapidement. Aussi l'inventeur a-t-il baptisé sa machine la *Bûcheronne*.

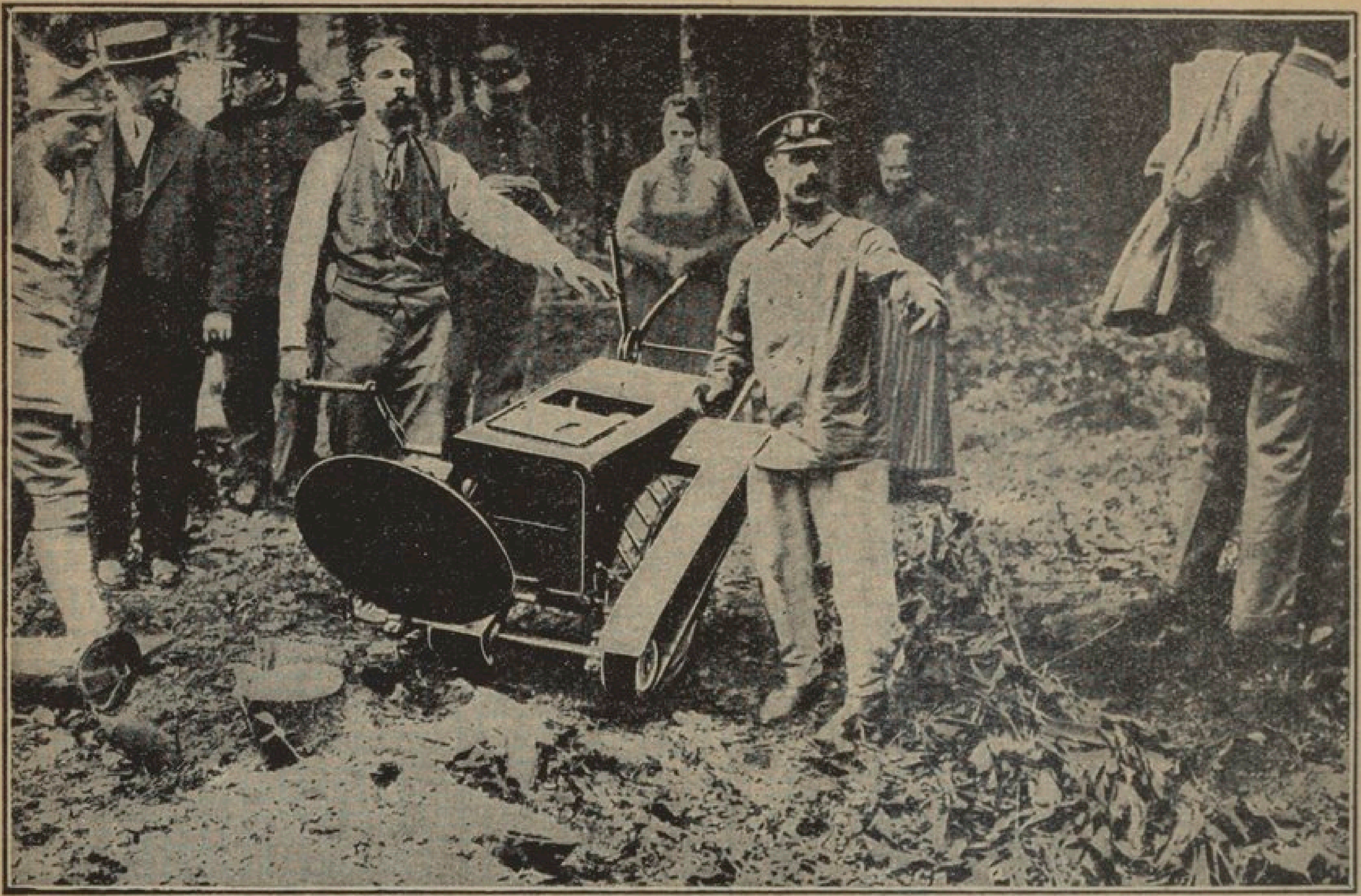


ICI, LA SCIE TRAVAILLE VERTICALEMENT

Imaginez une sorte de brouette à deux roues, ou plutôt une de ces « poussettes » utilisées dans les rues de nos grandes villes par les garçons livreurs. La boîte, dans laquelle est enfermé le mécanisme, mesure environ 0 m. 80 de longueur sur 0 m. 60 de largeur et 0 m. 60 de hauteur. A l'intérieur est disposé un petit moteur électrique d'une force de trois chevaux environ qui actionne, à l'aide d'une courroie de transmission, un arbre placé en avant du véhicule. Sur cet arbre, un couple d'engrenages coniques, groupé dans un carter, renvoie le mouvement à la scie circulaire qui, grâce à ce jeu de pignons d'angle et à une crémaillère dont la manivelle se voit sur le côté de l'appareil, peut prendre les différentes inclinaisons qu'exige le travail à exécuter. L'ensemble pèse environ 120 kilogrammes et est donc des plus maniables.

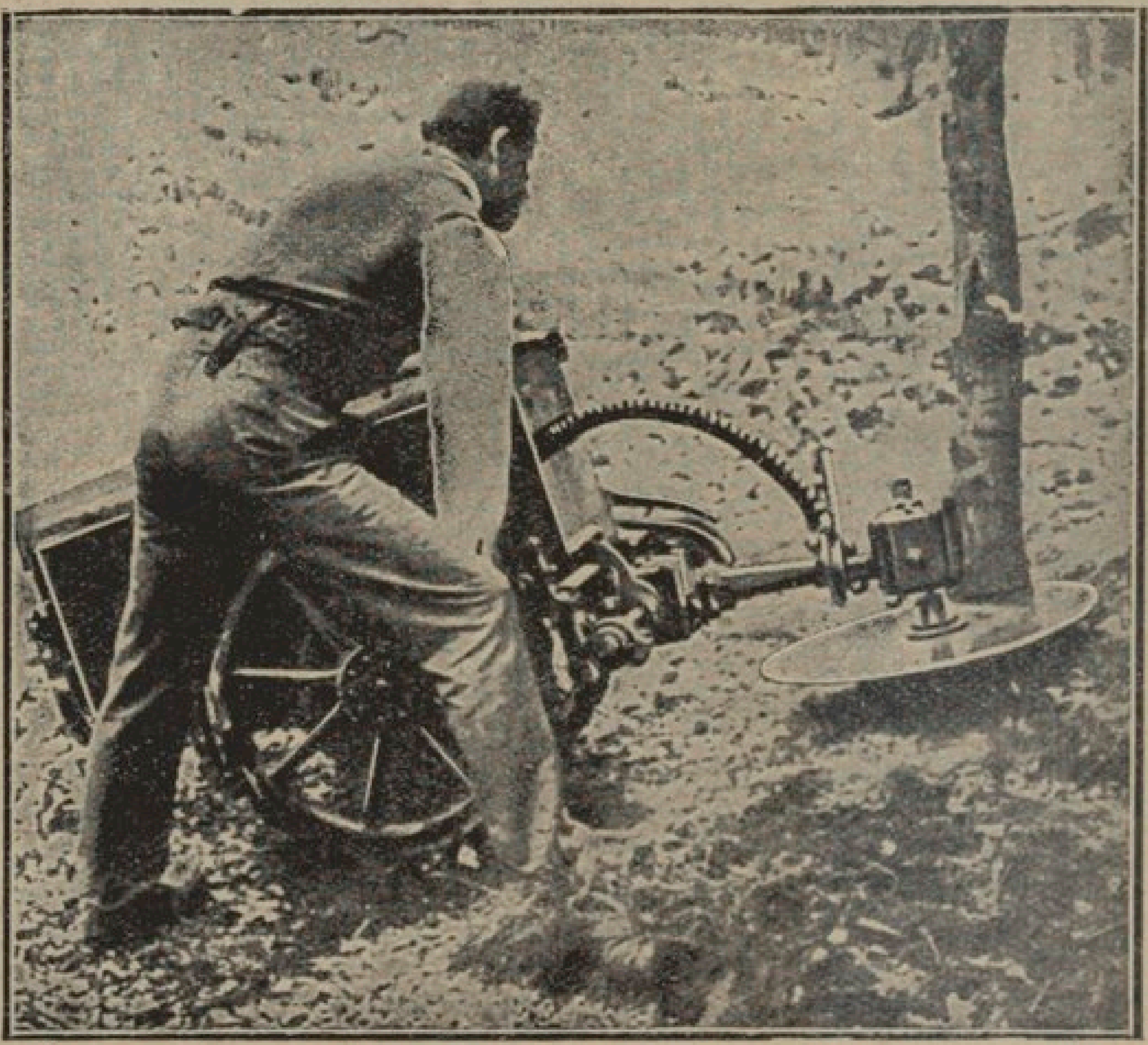
Le courant est envoyé à la dynamo motrice par un groupe électrogène installé sur un camion qui reste à la lisière du bois où opère la *Bûcheronne* et est relié à elle par un câble dont la longueur peut aller jusqu'à 500 ou 600 mètres, suivant les besoins. Une des particularités originales de cet appareil est le couteau-scie dont le disque est muni de deux ou trois rangées de dents, opposées trois par trois, les deux premières, taillées en forme de couteau et la troisième, placée en arrière, servant au dégagement des copeaux. Ce dispositif a le grand avantage de ne pas nuire à la repousse des souches.

Il avait été exprimé quelques craintes



LE TRANSPORT DE L'INSTRUMENT A TRAVERS UNE FUTAIE, DANS LA FORÊT DE CITEAUX

relativement à cette repousse, mais il faut croire que l'abatage mécanique ne lui est pas nuisible. M. Matthey, conservateur des Eaux et Forêts, a, en effet, constaté, à la suite de travaux exécutés dans des domaines boisés, que toutes les souches avaient repris avec énergie et que, sur des cépées de charme et de bouleau, les rejets sont si drus qu'on est obligé de les écarter à la main pour reconnaître si, réellement, les sections ont été faites à la scie ou à la hache.



LA SCIE FONCTIONNANT HORIZONTALEMENT

Le couteau-scie, tournant à 1.000 tours par minute, permet d'abattre en moins de quarante secondes des troncs mesurant jusqu'à 0 m. 35 et 0 m. 40 de diamètre. D'intéressantes expériences ont déjà été faites dans la forêt de Citeaux, aux environs d'Autun, et dans les bois de Meudon, sur l'initiative de la Société des Agriculteurs de France, et semblent avoir donné satisfaction. Elles ont permis de constater qu'à l'aide de cet appareil, facilement transportable et effectuant sur place les opérations successives d'abatage et de sciage, les difficultés de transport sont diminuées en grande partie et que, d'autre part, avec une équipe de cinq hommes, dont un pour le réglage du disque et un à la crémaillère, on arriverait à faire journellement le travail de dix bûcherons.

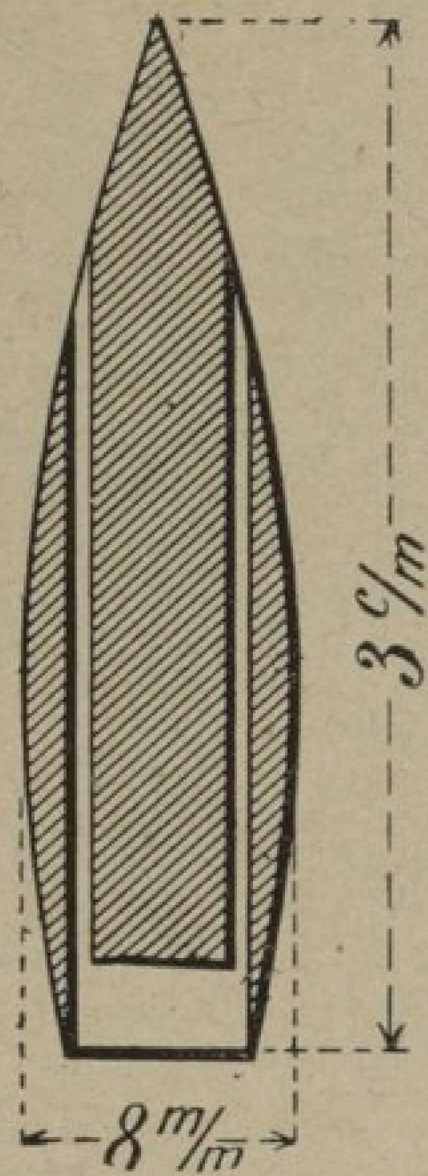
QUELQUES BALLES DE FUSIL PLUS BIZARRES QUE PRATIQUES

Par Constant RIBLAIN

On sait quels sont les grands avantages offerts par les balles de fusil de petit calibre employées actuellement dans toutes les armées, comparativement à celles antérieurement en usage ; ils ont été décrits dans un article publié par la *Science et la Vie* : réduction importante du poids de la cartouche, ce qui permet au soldat d'en porter sur lui une provision beaucoup plus considérable, plus grande portée de l'arme, trajectoire plus tendue et, par conséquent, plus grande justesse et zone dangereuse plus étendue. Mais elles ont un inconvénient : leur *puissance d'arrêt* n'est pas assez grande, c'est-à-dire que les blessures qu'elles font, à moins qu'elles ne touchent un organe essentiel ou brisent un os des membres, ne sont pas toujours suffisantes pour arrêter un homme qui charge ou un cheval lancé au galop. On l'a constaté maintes fois dans les guerres coloniales, là où l'ennemi est un demi-sauvage, au corps extrêmement endurci, presque insensible à la souffrance.

Les inventeurs cherchèrent alors un procédé pour rendre à la balle sa puissance d'arrêt tout en lui conservant les avantages du calibre réduit. Le problème fut en partie résolu par l'emploi des balles expansibles ou à déformation, dites *dum-dum*, et par celles à pointe creuse. Mais ces balles, qui opèrent de terribles ravages dans les corps qu'elles frappent, et qui peuvent être assimilées, les dernières surtout, à de petits obus, ont été proscrites par la Conférence internationale de La Haye.

On a alors proposé de donner à la balle la forme tubulaire, en partant de ce principe qu'un tube ouvert par les deux bouts ne doit pas, pendant sa course dans l'espace, offrir à l'air, quoique d'un diamètre plus ou moins fort, plus de résistance qu'une balle de petit calibre en métal plein ; elle doit donc posséder les avantages de celle-ci, tout en faisant dans les corps qu'elle frappe des blessures « utiles », c'est-à-dire suffisamment larges pour que l'homme soit mis instantanément hors d'état de continuer le combat. Pour qu'une balle de cette nature puisse être convenablement lancée par la charge de poudre, il faut nécessairement la munir à son culot d'un disque en bois plein qui obture son orifice ; par suite de la résistance que l'air lui fait éprouver, ce culot se sépare de la balle et tombe aussitôt que celle-ci a quitté le canon du fusil.



BALLE A PERFORATIONS MULTIPLES, DE M. MEUNIER

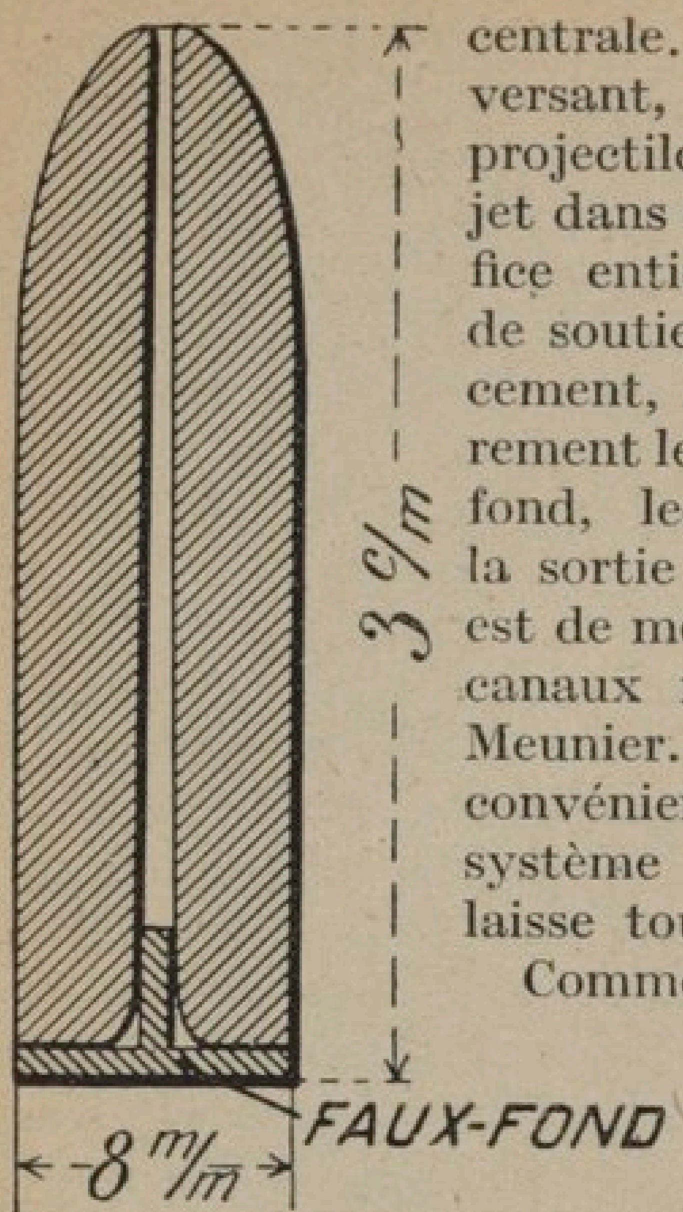
La balle tubulaire fut essayée et elle ne donna pas de résultats satisfaisants, car elle n'avait aucune justesse et manquait de portée.

Mais les inventeurs ne s'avouèrent pas vaincus et les recherches continuèrent de plus belle.

En 1914, M. Meunier, de Saint-Etienne, construisit et fit breveter une balle présentant certains avantages sur la précédente. Elle est percée, dans le sens de sa longueur, de trous ou canaux venant aboutir, à l'arrière, dans une cavité spécialement creusée. Elle offre à l'air une résistance extrêmement minime. De plus, cet air, débouchant à grande vitesse dans ladite cavité, neutralise le vide produit à l'arrière pendant le trajet, et dont nous allons parler plus loin. Enfin, le centre de gravité est ramené en avant, de sorte que la balle ne bascule pas et possède ainsi une grande stabilité.

Ces trous ou canaux peuvent être pratiqués en oblique, ou amorcer le commencement d'une hélice, ce qui, au dire de l'inventeur, dispenserait de rayer le canon du fusil, l'air passant dans ces spires imprimerait une grande vitesse de rotation au projectile qui garderait ainsi sa parfaite stabilité.

Un autre inventeur, M. Ricci, des Etats-Unis d'Amérique, a aussi fait breveter la même année une balle du même genre, mais ne possédant qu'un seul canal dans sa partie



BALLE A PERFORATION CENTRALE, DE M. RICCI

centrale. L'air, en la traversant, communique au projectile, pendant son trajet dans l'espace, le bénéfice entier de son action de soutien. Pour son lancement, il faut nécessairement le munir d'un faux fond, lequel tombe dès la sortie du canon. Il en est de même de la balle à canaux multiples de M. Meunier. C'est là un inconvénient sérieux, car ce système de lancement laisse toujours à désirer.

Comme dans la balle précédente, le vide produit à l'arrière est comblé ou neutralisé par l'air passant par le canal central dont l'arête du bord inférieur est abattue et arrondie pour mieux assurer cette neutralisation.

Combler rapidement ce vide ou empêcher sa formation semble être d'ailleurs une des principales préoccupations des inventeurs, et c'est là, en effet, un perfectionnement très désirable. Un fabricant d'armes de Norvège, M. Fidjeland, dit, dans une demande de brevet pour un projectile à double ogive, demande qu'il a déposée en France en 1912, qu'une balle pesant 10 grammes, sectionnée à angle droit à l'arrière, de la façon ordinaire, sort d'un fusil de 7 millimètres de diamètre avec une vitesse initiale de 800 mètres à la seconde. Comme la vitesse de l'air (c'est-à-dire la vitesse avec laquelle l'air se précipite dans un vide pour le combler) est d'environ 400 mètres par seconde, il se forme derrière elle un vide qui persiste tant que la vitesse ne tombe pas à la valeur de celle de l'air précitée. La pression de l'air étant de 10 grammes par millimètre carré, et la surface de l'arrière de la balle atteignant 38,5 millimètres carrés, il en résulte que le vide formé à l'arrière de la balle produit sur elle un effet d'aspiration de 385 grammes, ou environ 38 fois le poids de la balle sur toute la longueur de la trajectoire pour laquelle la balle a une vitesse supérieure à celle de l'air. On a constaté que ce fait a pour conséquence de réduire de moitié la vitesse de la balle, soit à 400 mètres à la seconde, quand elle a effectué le quart de son trajet, soit 600 mètres, en supposant une portée maximum de 2.400 m.

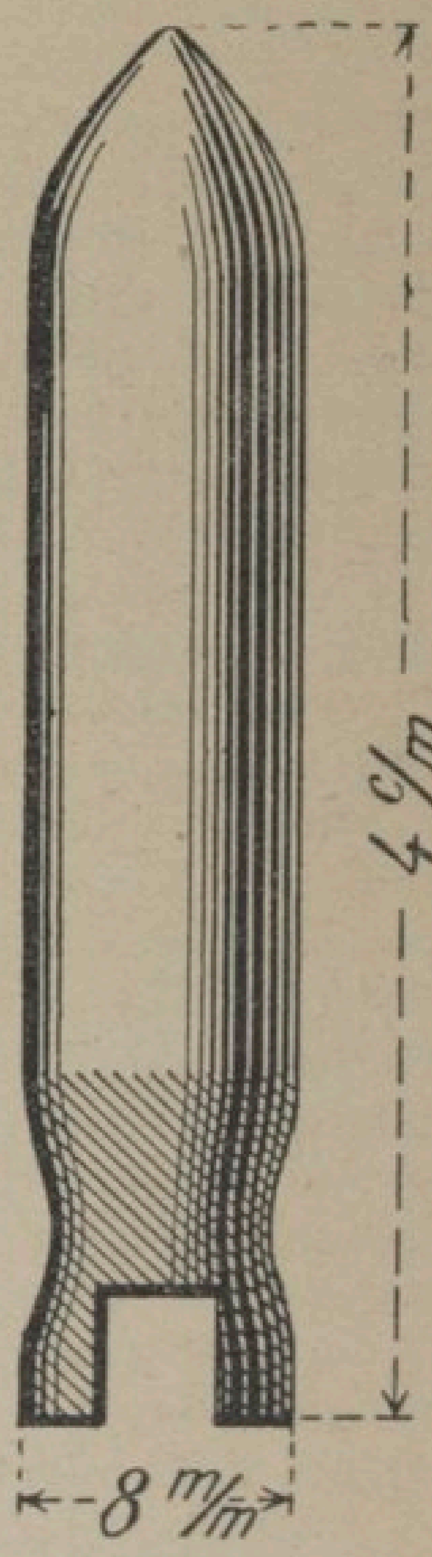
La nouvelle balle — celle précisément pour laquelle l'inventeur a déposé sa demande de brevet — étant pointue à l'arrière, il ne se produit pas de vide de ce côté, ou du moins il est insignifiant et sans influence.

La force vive qui, avec une balle ordinaire, est absorbée pour vaincre, dans la première partie de sa trajectoire, l'effort retardateur représenté par le poids de 385 grammes, est utilisée par la balle du nouveau modèle pour acquérir une portée plus grande. Un calcul sommaire montre que la perte de force indiquée plus haut représente plus du cinquième de la force vive totale, de sorte que la nouvelle balle aura une portée dépassant de 20 à 30 % celle de la balle ordinaire du même poids.

Ce nouveau projectile possède deux ogives : une à l'avant, l'autre à l'arrière ; il est en cuivre, entièrement homogène ; il est à peu près symétrique par rapport à son axe longitudinal, et présente une partie médiane cylindrique beaucoup plus étroite que la base des deux ogives extrêmes.

Les propriétés balistiques d'un tel projectile sont dues principalement à l'action de l'épaulement situé entre la partie médiane et l'ogive arrière, l'épaulement opposé ayant une importance moindre, les meilleurs résultats étant obtenus quand celui-ci a un diamètre un peu plus petit que l'épaulement de l'ogive arrière, lequel forme, en réalité, ceinture de forcement.

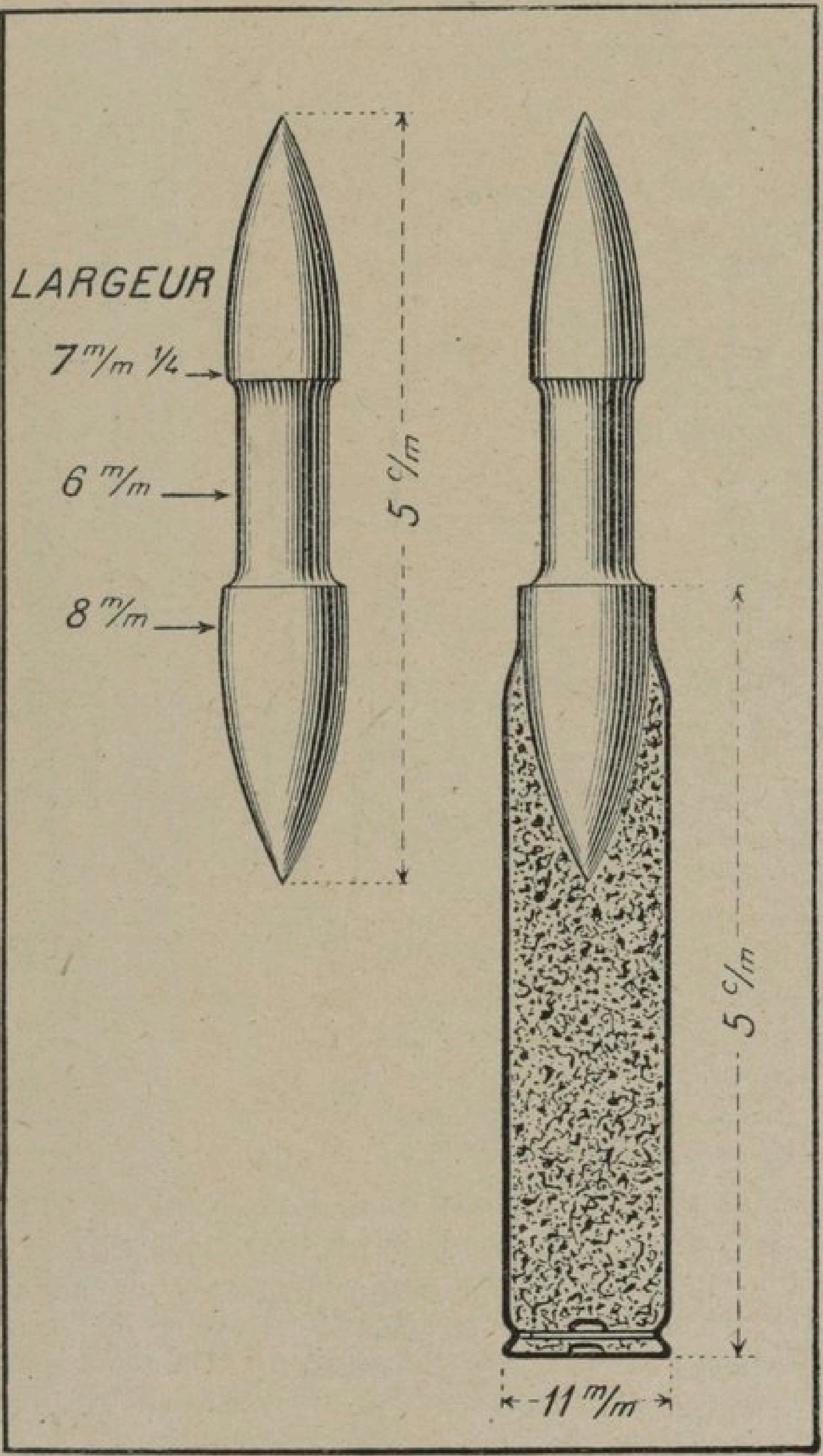
Ce n'est pas d'aujourd'hui, assurément, que l'on sait que la forme en fuseau, ou terminée en pointe à l'arrière (celle précisément que l'on donne actuellement aux ballons dirigeables) est la plus favorable pour vaincre la résistance de l'air — pour ménager, comme l'on dit, la « fuite » de l'air, et que c'est grâce à cette forme que le vide ou la raréfaction de l'air derrière le corps en mouvement est minima. On a, il y a longtemps, construit des balles basées sur ce principe, mais toujours on s'est heurté à la difficulté de leur lancement. Grâce à la forme donnée à celle dont nous venons de nous occu-



BALLE A CULOT ALLÉGÉ, DE M. REYNIER

per, l'inventeur croit avoir vaincu cette difficulté. Cependant, un constructeur russe, M. Svistouneff, qui a inventé, lui aussi, et fait breveter dans les grands pays, en 1912, une balle en forme de fuseau à l'arrière, mais replié et se développant seulement après le départ du coup, dit que, pratiquement, il est presque impossible de tirer avec des projectiles à ogive ou à fuseau (non repliable) à l'arrière, car leur surface, qui reçoit l'action des gaz de la poudre au moment de la déflagration, est trop petite, et la masse principale du gaz s'échappe le long de la surface conique de la partie arrière aux endroits où cette surface touche l'âme du canon, ce qui occasionne une forte déperdition.

Il en résulte qu'il faudrait pouvoir construire un projectile dont la partie arrière possédât, au moment de l'inflammation de la charge de poudre, la forme ordinaire (sectionnée à angle droit), mais qui, pendant son déplacement dans l'âme et après sa sortie du canon, pût prendre la forme en fuseau. C'est précisément ce projectile, à fuseau arrière extensible, que l'inventeur russe a construit (fig. page 522). Il est pourvu d'une bague fixée au culot, dans l'intérieur de laquelle est logée une série d'autres bagues coniques allant progressivement en diminuant de diamètre, la dernière renfermant un cône creux à base très étroite. Les bagues sont munies de collets coniques et possèdent vers l'avant des rainures annulaires. Le cône final porte, à sa base, un petit élargissement et son sommet est traversé par un petit trou, lequel est normalement bouché par une soupape à ressort ne s'ouvrant que de l'extérieur à l'intérieur. Toutes les bagues et le cône sont engagés librement les uns dans les autres et occupent à l'état replié la position représentée figure 1. Lorsque le projectile se développe les collets des bagues et du cône s'appliquent dans les rainures correspondantes, ce qui donne à la surface extérieure la forme en fuseau ou en cigare. Ce développement est produit par une partie des gaz de la poudre qui, au moment de la déflagration, s'est introduite dans le cône par l'orifice pratiqué à son sommet, en soulevant la soupape ; celle-ci s'est refermée aussitôt que, par l'effet du lancement, la pression derrière le culot de la balle a diminué, et les gaz, emprisonnés dans le cône, ainsi que dans la partie creuse du culot, formant chambre close, prenant alors leur expansion, ont repoussé vers l'arrière le cône en agissant sur la partie élargie de sa base, lequel a entraîné à sa suite les bagues jusqu'à la limite extrême de leur extension (fig. 2).



BALLE BI-OGIVALE, DE M. FIDJELAND
A droite, la balle encastrée dans la cartouche.

On peut simplifier le système en remplaçant ces bagues et leur cône par un ressort plat enroulé en spirale qui prendrait, en se détendant à la sortie du canon de fusil, la forme en cigare (fig. 4, page suivante).

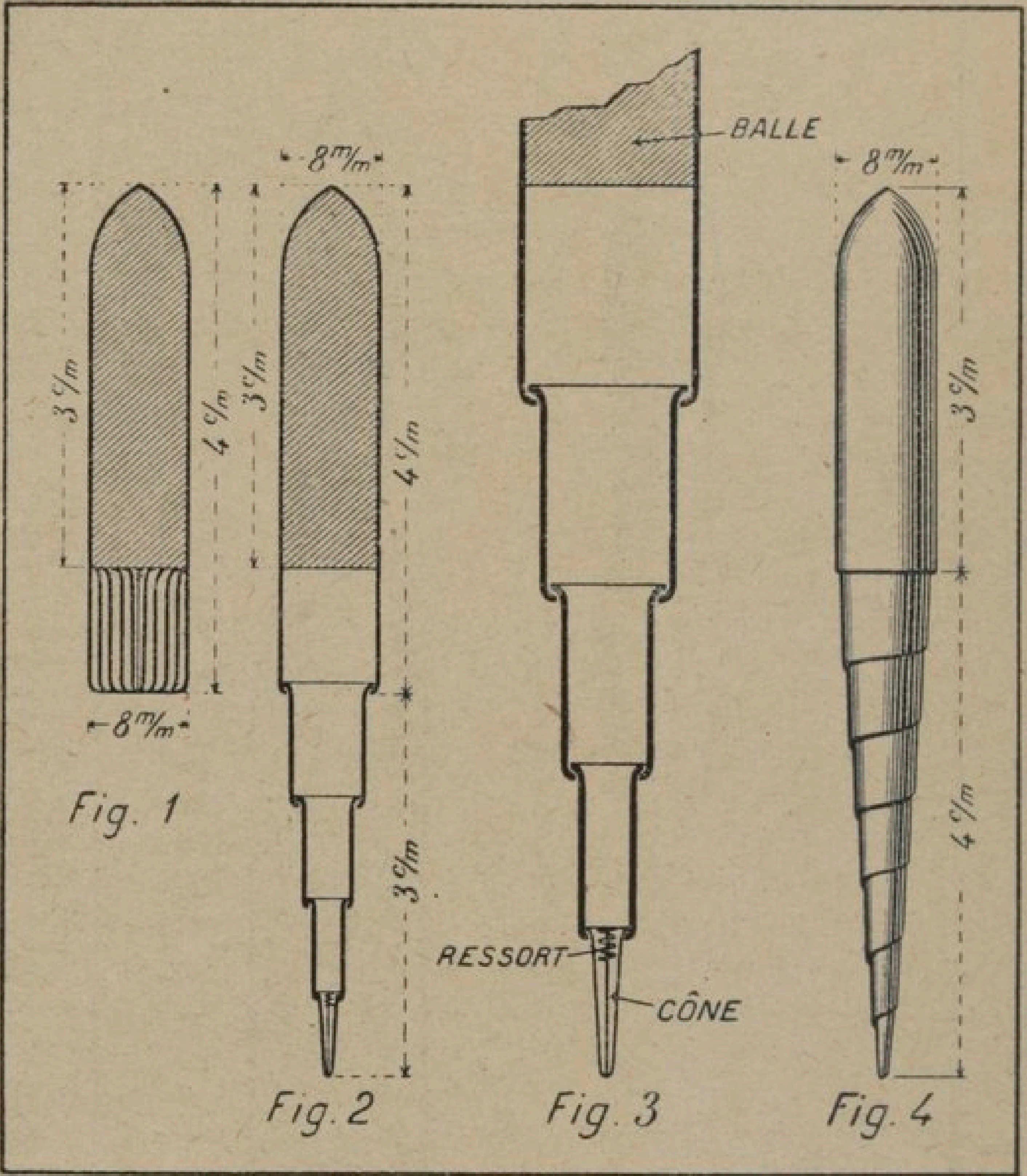
La balle construite par l'ingénieur russe Dobregeanski, et brevetée par lui en France et en Allemagne en 1914, procède d'un autre ordre d'idées. L'inventeur n'a eu en vue qu'une meilleure stabilité pendant le trajet en reportant en avant le centre de gravité.

Le noyau est fait de deux métaux différents : un lourd et mou (plomb) et un autre léger et dur tel que l'aluminium durci. Ils sont réunis au moyen d'une enveloppe dure commune. A l'intérieur de la partie en plomb est ménagée une cavité concentrique dans laquelle est emboîté un cône en aluminium durci. Sa hauteur est calculée de façon qu'il reste, entre son sommet et la paroi supérieure de la cavité, un vide ou matelas d'air. L'enveloppe de nickel, sertie à l'arrière, maintient ces deux parties du noyau solidement assemblées. Le centre de gravité se trouve ainsi à la partie antérieure, près de la tête, ce qui détermine précisément la stabilité du projectile pendant sa trajectoire.

Au tir, le cône, plus léger, se trouve refoulé, sous l'influence de la pression des gaz de la poudre, en avant dans la cavité du noyau en plomb, tandis que la partie arrière de ce noyau et la partie adjacente de l'enveloppe se trouvent dilatées latéralement et s'appliquent intimement contre les rayures de l'arme. Dans son déplacement, le cône se heurte à la résistance de l'air comprimé dans le sommet de la cavité et qui empêche, en formant un matelas d'air, son déplacement au delà d'une certaine limite. Il est ainsi remédié à une extension exagérée de la paroi arrière et à sa compression trop forte sur les rayures, à l'encontre de ce qui se produit dans le tir avec les projectiles ordinaires (qui possèdent une cavité au culot), où les gaz de la poudre déterminent directement l'expansion de l'extrémité arrière du noyau et de l'enveloppe. Grâce à ce dispositif, les pressions maxima sont beaucoup plus petites qu'avec l'emploi d'un projectile ordinaire.

C'est surtout la recherche de la stabilité qui a guidé M. Reynier dans la construction de sa balle, brevetée, elle aussi, dans les grands pays (figure à la page 520).

Son procédé consiste à alléger la partie postérieure de façon que le centre de gravité soit aussi rapproché que possible de la pointe. C'est, en somme, ce qui a été fait dans le système précédent. En outre, il a ménagé, à ladite partie postérieure de la balle, une surface évidée, dite de sustentation, de forme spéciale en retrait, sorte de gorge ou sillon très large qui permet, pendant son mouvement de translation et sa rotation autour de son axe, d'exercer sur l'air une traction qui combat l'effet de la pesanteur. C'est là, du moins, ce que déclare l'inventeur dans sa dernière demande de brevet.



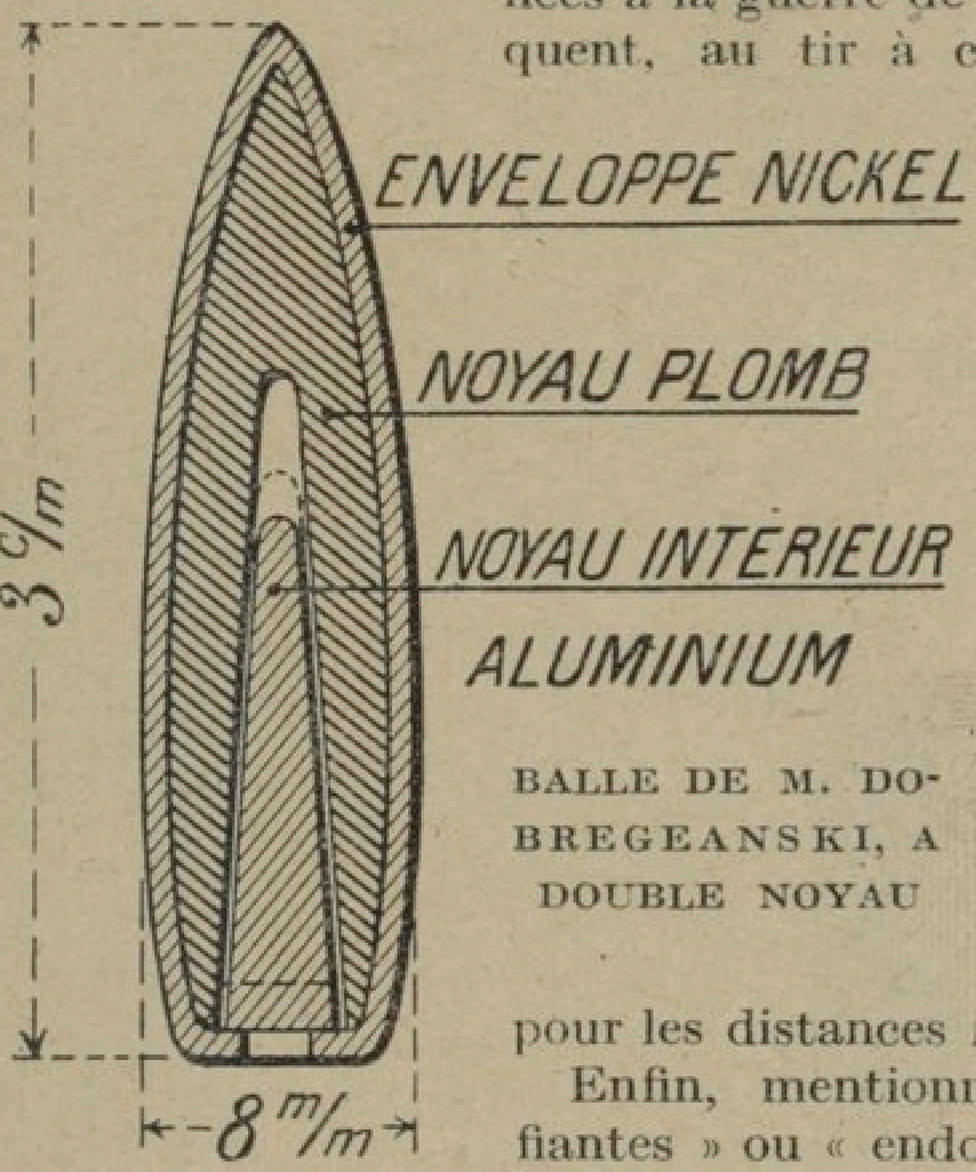
BALLE A FUSEAU ARRIÈRE EXTENSIBLE INVENTÉE PAR M. SVISTOUNEFF, CONSTRUCTEUR RUSSE

Fig. 1, faisceau replié à l'arrière avant le départ du coup (coupe); fig. 2, faisceau déployé, ou en extension, après le départ du coup (coupe); fig. 3, coupe, à une échelle agrandie, du fuseau déployé; fig. 4, faisceau à ressort roulé en spirale en extension après le départ du coup.

La partie postérieure du projectile, allégée et évidée, peut être remplie de matière légère telle que l'aluminium.

On cherche depuis longtemps à améliorer le coefficient balistique des balles de fusil en employant pour leur fabrication un métal aussi dense que possible, et le tungstène a spécialement attiré l'attention. Sa densité, en effet, dépasse 19, alors que celle de l'acier n'atteint pas tout à fait 8, et celle du plomb durci (70 plomb, 15 étain, 15 antimoine) environ 9 à 10. Le capitaine Roger Vasselin,

dans la *Revue d'artillerie*, a fait l'historique des essais tentés en France pour son utilisation. Il rappelle que, de 1901 à 1907, des expériences furent faites à la Commission de Versailles sur des balles fabriquées à l'Ecole de pyrotechnie et composées d'un alliage de tungstène, dont la densité moyenne était de 14, ce qui leur assurait une grande supériorité sur les balles de plomb au point de vue de la conservation, de la vitesse, de la force vive et de la tension de la trajectoire. D'autre part, MM. Derguesse et Wyckoff ont fait breveter en février 1909 un alliage de fer et de tungstène très dur à 67-79 % de fer. La Commission de Versailles fit une série d'expériences sur des balles dont le noyau était constitué par cet alliage. Les résultats en furent tenus secrets, mais les journaux suisses et allemands signalèrent que les projectiles Derguesse et Wyckoff ont perforé à 1.000 mètres des plaques d'acier qui, à 600 mètres, protègent efficacement contre la balle D.



BALLE DE M. DOBREGEANSKI, A DOUBLE NOYAU

Il est hors de doute, dit M. Roger Vasselin, que la balle au tungstène présente de grands avantages. A égalité de poids, en raison de la plus grande densité du métal, elle a sur les autres balles de n'offrir à la résistance de l'air qu'une surface moindre de trois dizièmes. Cependant leur adoption, pour avantageuse qu'elle soit, ne paraît guère possible. Le tungstène, en effet, est un métal rare et cher. Sa production annuelle, de 3 à 4.000 tonnes, est entièrement absorbée par les besoins de l'industrie et de la sidérurgie. Pour fabriquer un approvisionnement d'un milliard de balles à 16 % de tungstène, il faudrait 16.000 tonnes du précieux métal, et on aurait bien du mal à les trouver.

Le major Ch. Rigotti, des bersaglieri, connu déjà par l'invention d'un fusil à tir automatique très estimé, a inventé, il y a quelques années, une balle hélicoïdale qui traverse les couches d'air avec la remarquable vitesse de 1.000 mètres par seconde. Non seulement elle va frapper le but avec une trajectoire plus tendue, ce qui est déjà un grand avantage, mais aussi, prenant un point d'appui sur l'air même, par le fait de sa forme approchée d'une vrille, selon le principe qui règle le mouvement de l'hélice dans les fluides, elle porte à une distance supérieure. Ses effets de perforation sont également des plus remarquables.

Parmi les nouvelles balles, curieuses ou bizarres, il faut citer encore, outre les projectiles expansibles et déformables dont il a été parlé dans un article publié antérieurement dans cette revue, les balles en bois dont les Allemands font usage depuis le début de la guerre. Elles sont traversées, suivant leur axe, d'une tige de fer et munies à leur pointe d'un petit capuchon en acier. Destinées à la guerre de tranchées, et, par conséquent, au tir à courte distance, car elles perdent rapidement leur vitesse en raison de leur faible poids, elles éclatent dans les plaies, projetant en tous sens des fragments irréguliers qui produisent des désordres terribles, souvent mortels, de dilacération et d'arrachement.

Les soldats allemands faits prisonniers dont les gibernes contenaient ces cartouches « spéciales » ont déclaré qu'ils ne devaient s'en servir que pour les distances inférieures à 100 mètres.

Enfin, mentionnons les balles « stupéfiantes » ou « endormantes », dont l'emploi a été proposé par Alexandre Humphrey, des Etats-Unis. Elles sont en tout point semblables aux balles ordinaires, mais elles renferment, dans une gorge de leur enveloppe, une certaine quantité de morphine qui se répand dans l'organisme du soldat qu'elles touchent. Si la blessure est légère, il s'endort et il est mis ainsi hors de combat pour vingt-quatre heures ; si elle est mortelle, la mort arrive sans aucune souffrance.

On a d'ailleurs fait remarquer avec raison que cette invention « éminemment philanthropique », selon l'expression de son auteur, irait plutôt contre le but qu'elle se propose d'atteindre. La vue de l'énorme quantité de soldats qui seraient alors étendus, morts ou blessés, sur le champ de bataille en augmenterait, dans une large mesure, le caractère impressionnant. Et si les médecins n'avaient pas le temps de les examiner l'un après l'autre pour savoir s'ils se trouvent en présence de morts ou de blessés, ils risqueraient de laisser sans les secourir beaucoup d'hommes que des soins immédiats auraient pu sauver.

CONSTANT RIBLAIN.

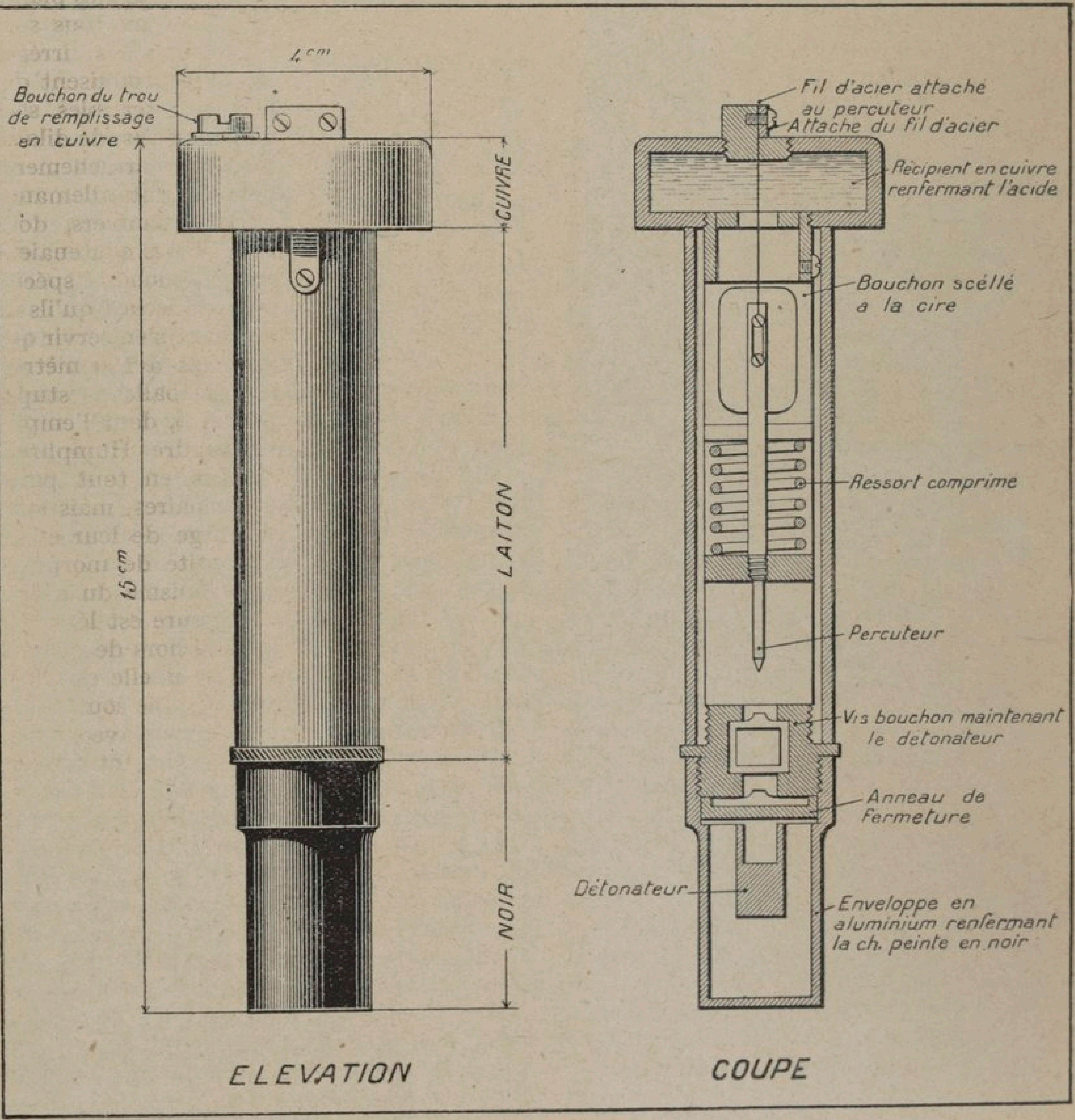
LE DÉTONATEUR AUTOMATIQUE ALLEMAND

On a découvert, dans un village abandonné par les Allemands, un détonateur automatique destiné à provoquer, au bout d'un délai plus ou moins long, la déflagration de la charge d'explosif, dissimulée, au contact de laquelle il a été placé.

Ce détonateur offre l'aspect d'un tube long de 15 centimètres et large, au sommet, de 4 centimètres. Sa partie inférieure, peinte en noir, est en aluminium ; la partie centrale, la plus large, est en laiton ; la partie supérieure, formant couvercle, est un petit récipient, large et plat, tout en cuivre.

La partie inférieure renferme amorce et détonateur. Au-dessus de ce dernier, séparé de lui par un intervalle de quelques millimètres, est suspendu un percuteur. Un fil d'acier qui joint sa partie supérieure au sommet du tube contribue, avec un ressort qu'il traverse, à l'y maintenir attaché.

Le sommet élargi du tube, au travers duquel passe le fil d'acier, contient un liquide acide qu'on y verse, le moment venu, par une ouverture spéciale. Il ronge et amincit le fil jusqu'au moment où, sous l'effort du ressort, l'acier se rompt, libérant le percuteur.



SCHÉMAS DU DÉTONATEUR ALLEMAND A EFFET PLUS OU MOINS RETARDÉ

LE NOUVEAU SOUS-MARIN ESPAGNOL "ISAAC-PERAL"

Par le capitaine Jules de VALPREY

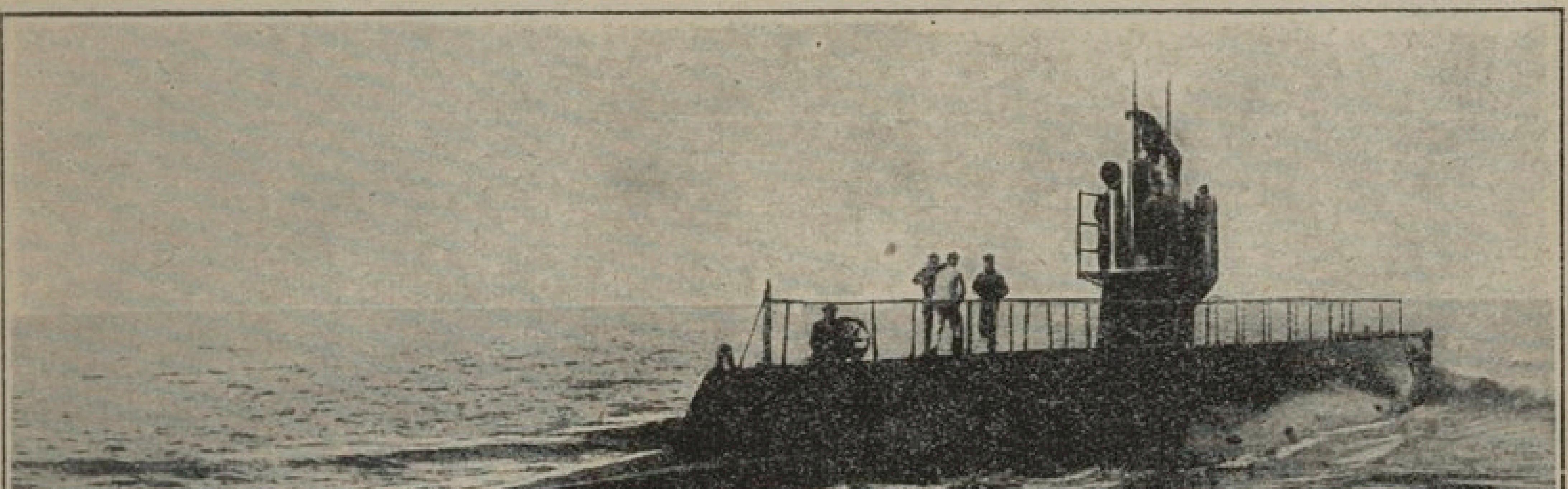
La marine espagnole ne s'est pas encore relevée des terribles coups que lui portèrent, il y a près de vingt ans, l'amiral Dewey, en détruisant aux Philippines l'escadre de l'amiral Montojo (1er mai 1898), et, quelques mois plus tard, l'amiral Samson, en coulant les bateaux du malheureux Cervera, près de Santiago de Cuba (4 juillet 1898). D'après le *Jane's Fighting Ships*, la flotte espagnole comprenait seulement, en 1916, les unités suivantes : 3 dreadnoughts, *Espana* (1912), *Alphonse-XIII* (1913), *Jaime-I* (1914), d'un déplacement normal de 15.700 tonnes ; le vieux cuirassé *Pelayo* ; 2 frégates cuirassées d'ancien type qui ont subi une refonte complète ; une vingtaine de croiseurs de différents modèles ; 7 destroyers ; 26 torpilleurs de 180 tonnes et quelques autres navires auxiliaires sans importance au point de vue militaire.

Mais la guerre actuelle a stimulé la patrie de Ferdinand d'Aragon, et se souvenant de la devise qu'on lit encore au fronton de l'une des portes de l'arsenal de Cadix :

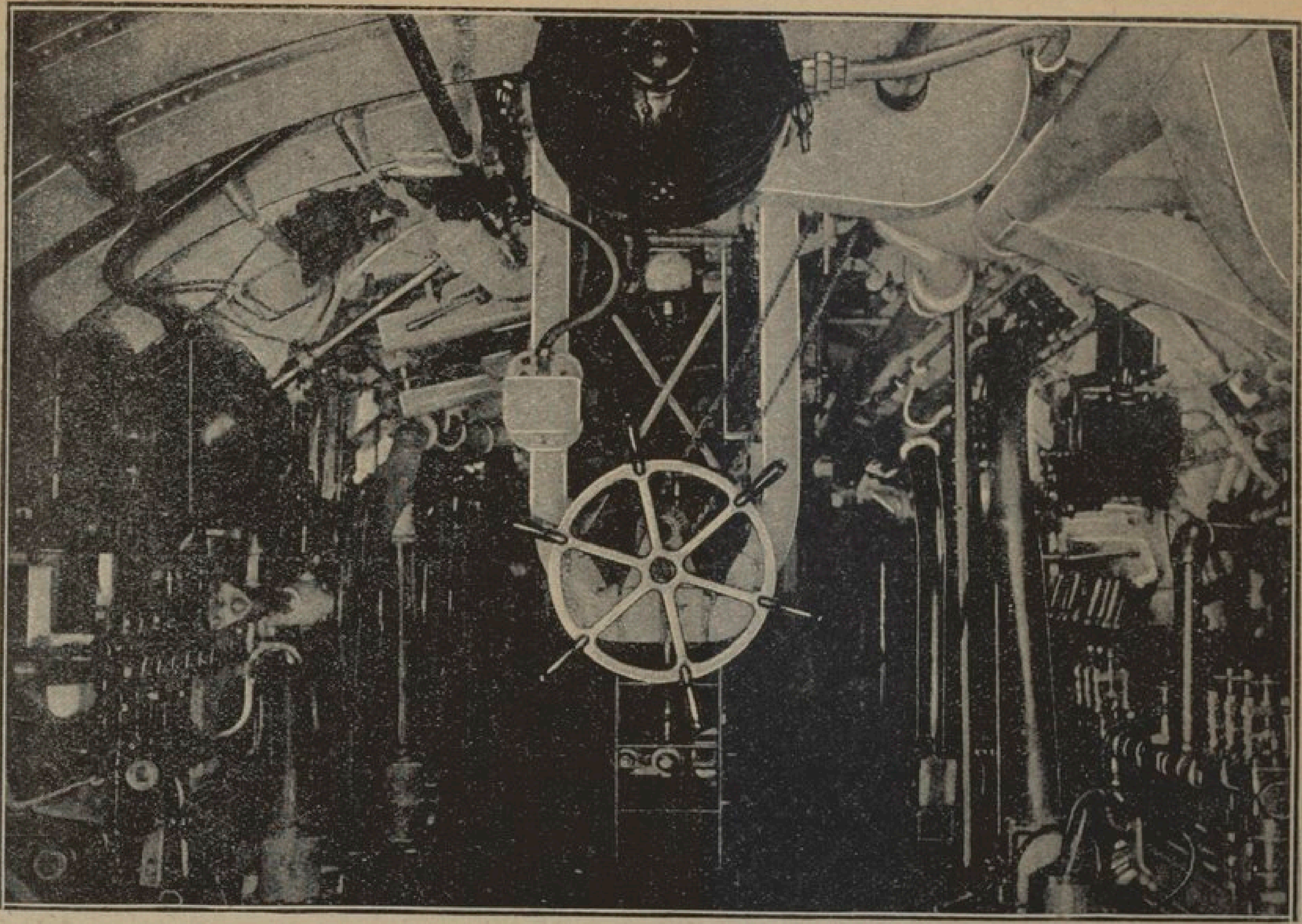
Tu regere imperio fluctus, Hispana, memento

le gouvernement espagnol a voulu, sans rêver à reprendre la maîtrise des mers et son empire colonial perdu, mettre sur pied une flotte, capable tout au moins de défendre ses ports. Ce programme naval comprend, en particulier, la construction de vingt-huit sous-marins comportant quatre groupes de six unités et une série finale de quatre.

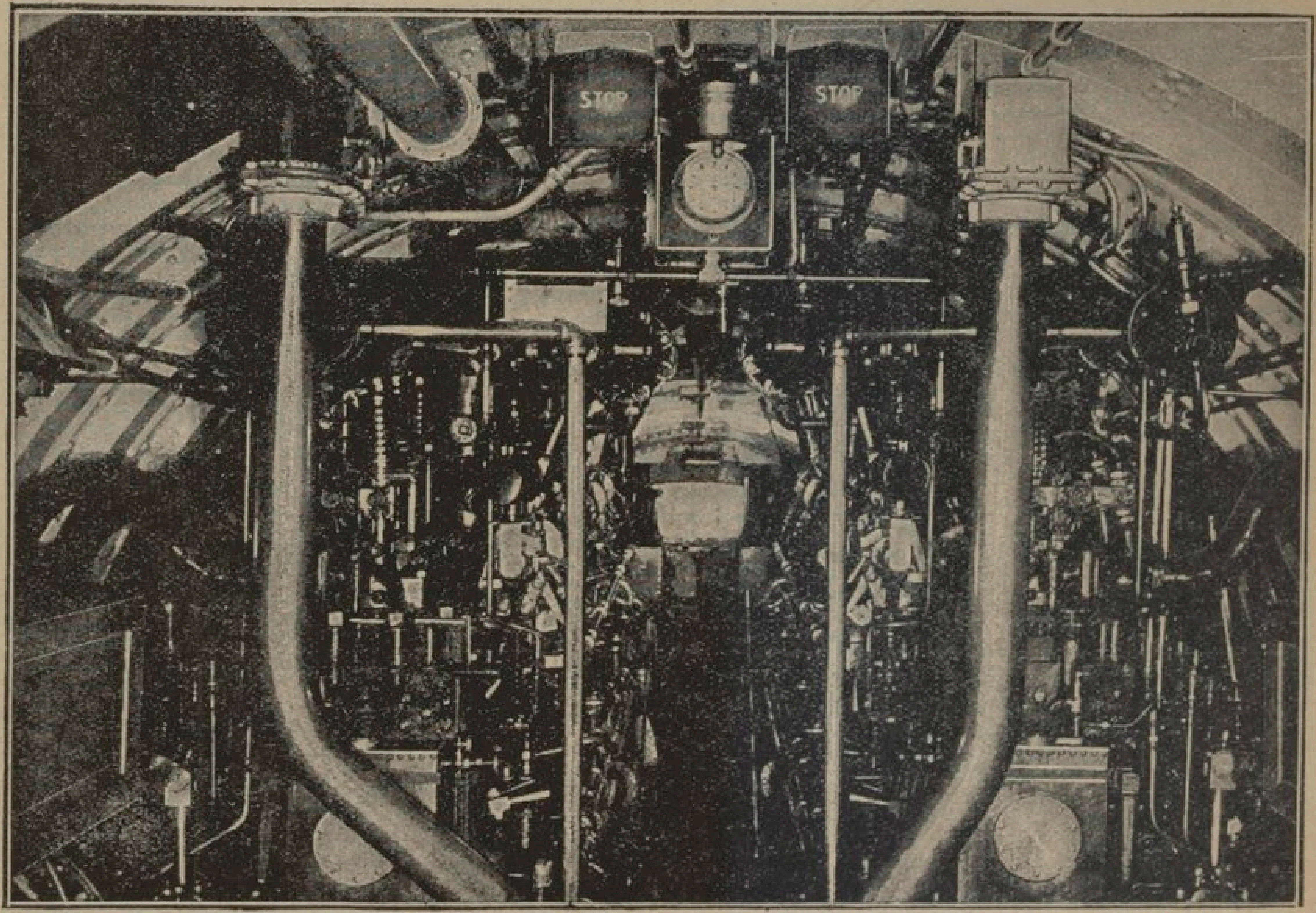
Le premier de ces sous-marins, l'*Isaac-Peral*, commandé par l'amirauté espagnole à « The Electric Boat Company », de Quincy, Massachussets (Etats-Unis) est en service, depuis plusieurs mois, après un voyage assez accidenté d'Amérique en Europe. Ce navire, du type de 800 tonnes, a environ 60 mètres de longueur ; comme grandeur et comme dimensions, on peut le comparer à l'*U-53* allemand. Dans la note qu'il nous a communiquée, le constructeur fait remarquer que les experts du Navy Department considèrent le déplacement de 800 à 900 tonnes comme tonnage minimum pour un sous-marin capable de tenir la mer. L'*Isaac-Peral* a donné aux essais une vitesse de 15 nœuds quand il marchait en surface avec son moteur à huile lourde et de 10 nœuds et demi seulement lorsqu'il naviguait en



L' « ISAAC-PERAL » NAVIGUANT EN SURFACE AU COURS DE SES ESSAIS
Ce submersible, construit aux États-Unis, est du type de 800 tonnes ; il mesure 60 mètres de longueur.



LA CHAMBRE DE NAVIGATION AVEC SES APPAREILS DE CONTROLE

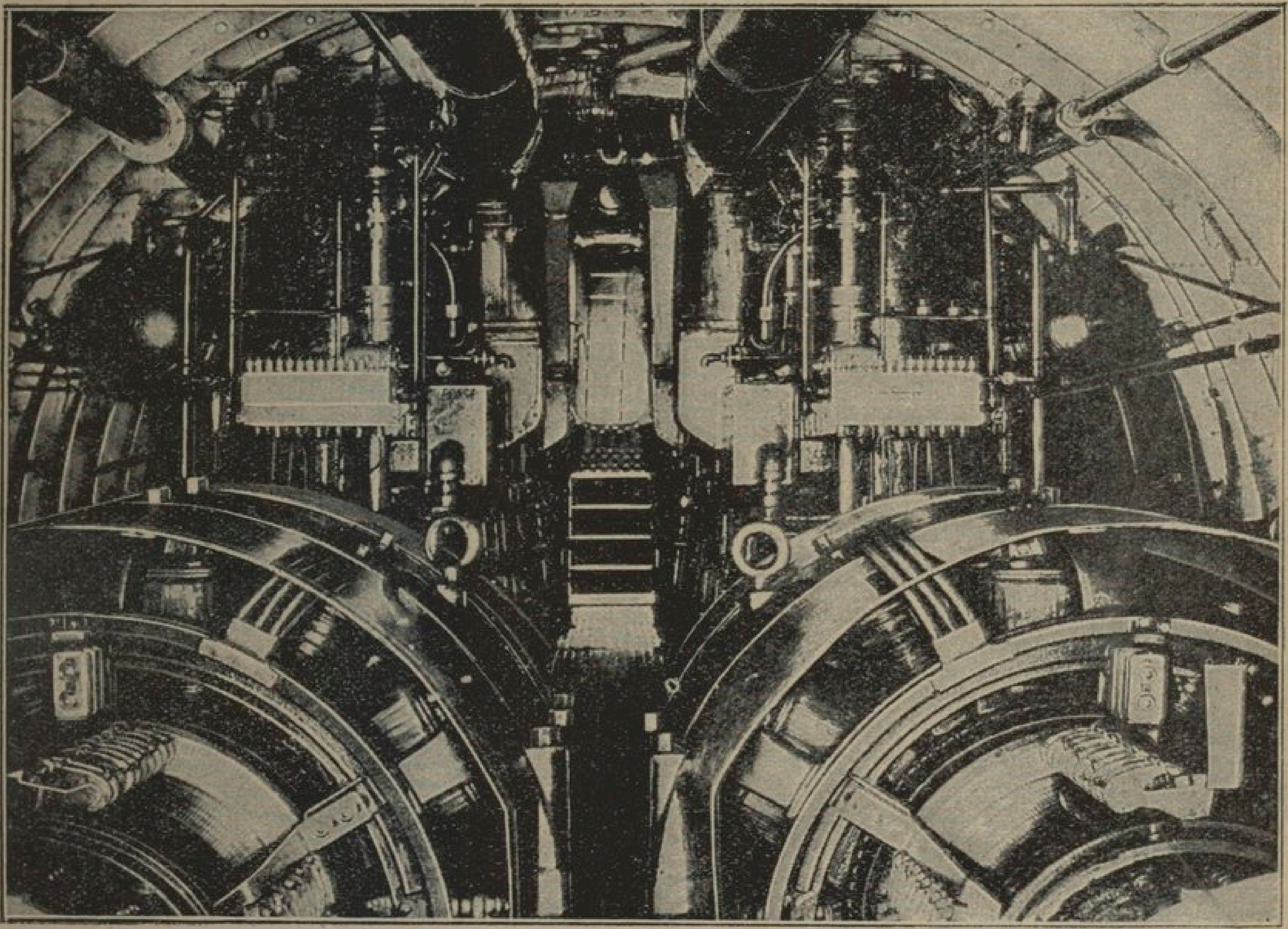


LA SALLE DES MACHINES, COMPORTANT DEUX MOTEURS DIESEL DE 600 CHEVAUX

plongée. Son rayon d'action s'étend jusqu'à 56 milles marins et, submergé, il peut voyager pendant 10 milles sans remonter à la surface. Deux moteurs Diesel de 600 chevaux assurent sa marche en surface et le fonctionnement des dynamos qui rechargent les accumulateurs pour la propulsion en plongée.

On a adopté le Diesel car brûlant des pétroles lourds, difficilement inflammables, il offre beaucoup plus de sécurité que les moteurs à explosion brûlant de la gazoline ou du benzol, et, en outre, il n'émet pas de vapeurs malsaines. D'autre part, il simplifie l'installation, donne plus de souplesse dans la manœuvre et d'économie dans la consommation, qualités ici très précieuses.

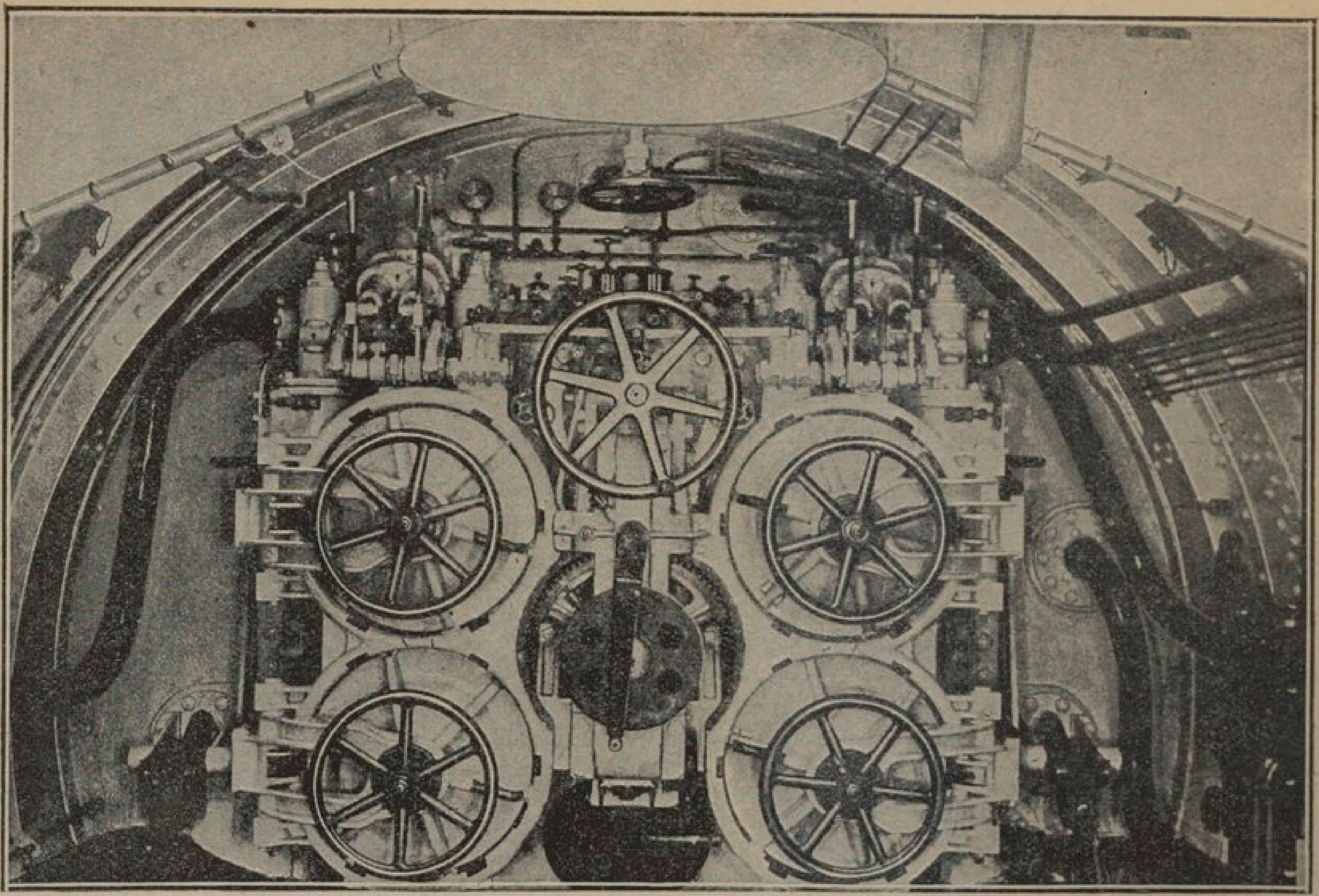
Malheureusement, le Diesel tel qu'il a été réalisé en dehors du sous-marin sur certains navires de commerce est un moteur à allure lente très encombrant. Aussi, pour l'adapter à l'*Isaac-Peral* et autres submersibles de même tonnage, il a fallu le rapetisser, l'aplatir comme une de nos photographies permet de s'en rendre compte, et, par suite, augmenter la vitesse du piston ; d'où de nombreuses difficultés résultant des forces d'inertie et de l'élévation des températures qui avoisinent 1.600° dans les cylindres. Toutefois, l'extrême limite de puissance qu'on peut atteindre aujourd'hui pour les machines à combustion interne appliquées à la navigation sous-marine atteignant 1.200 chevaux, on voit que l'« Electric Boat Company » n'a pas eu trop de mal pour caser dans les flancs de l'*Isaac-Peral* deux moteurs de 600 chevaux. Le constructeur a également trouvé vis-à-vis de ces derniers une place suffisante pour mettre deux dynamos électriques et à l'arrière, les batteries d'accumulateurs. Des cloisons, munies de panneaux d'accès, isolent ces batteries de la salle des machines et du poste de navigation.



LA SALLE DES MOTEURS ÉLECTRIQUES DE L' « ISAAC-PERAL »

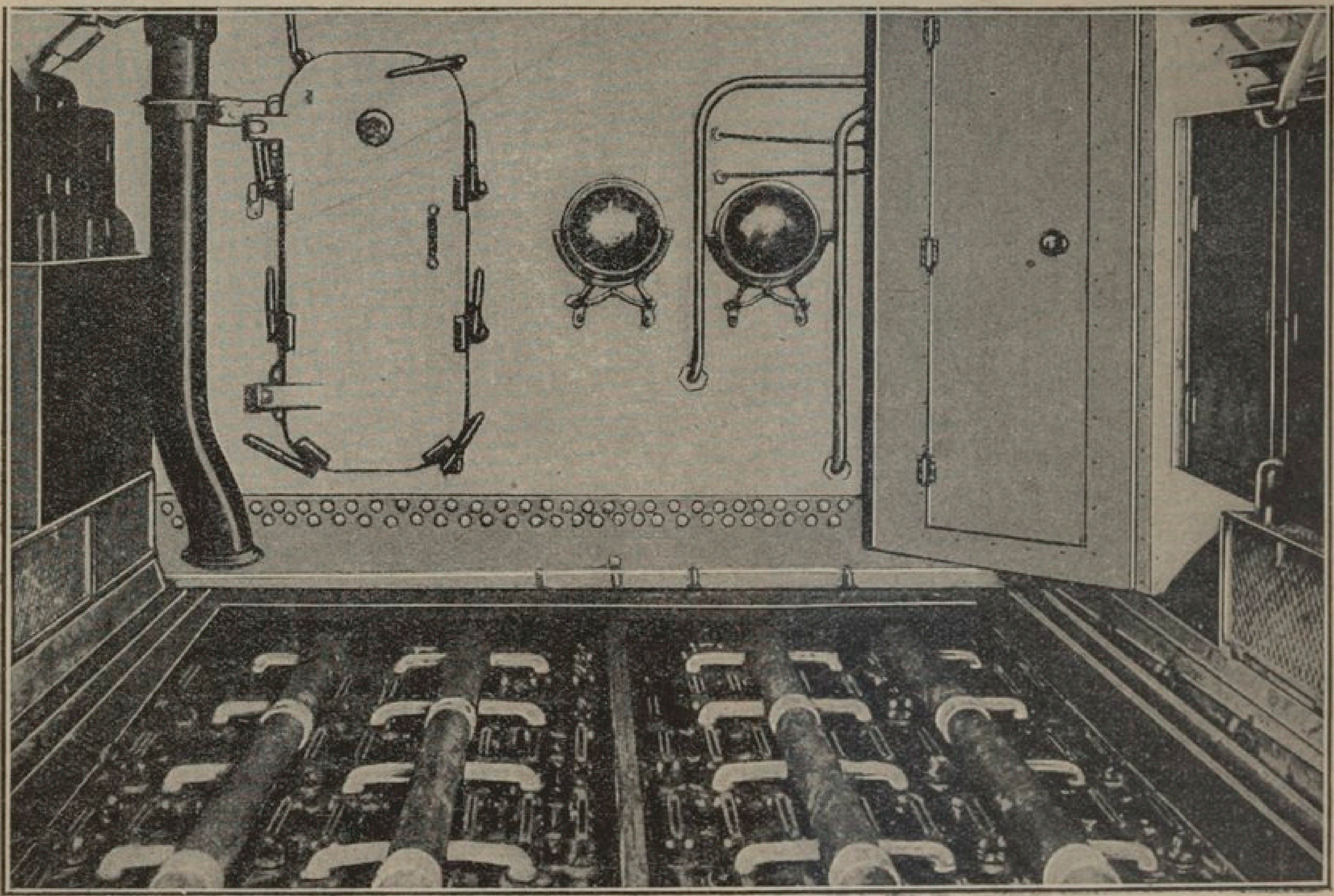
Au premier plan, on distingue les deux dynamos qui servent à recharger les puissantes batteries, comportant au total 480 accumulateurs, pour la propulsion du sous-marin en plongée.

Son armement se compose de quatre tubes lance-torpilles et d'un canon de 3 pouces à tir rapide. Les tubes de l'*Isaac-Peral* comportent les mêmes mécanismes que les tubes sous-marins des cuirassés américains. Au repos, chacun d'eux forme comme une écluse où la torpille se trouve en permanence, conservée à sec ; au moment du lance-



LES TUBES LANCE-TORPILLES ET LEUR MÉCANISME DE TIR

Sur le nouveau sous-marin espagnol, ces tubes sont au nombre de quatre au lieu de deux.



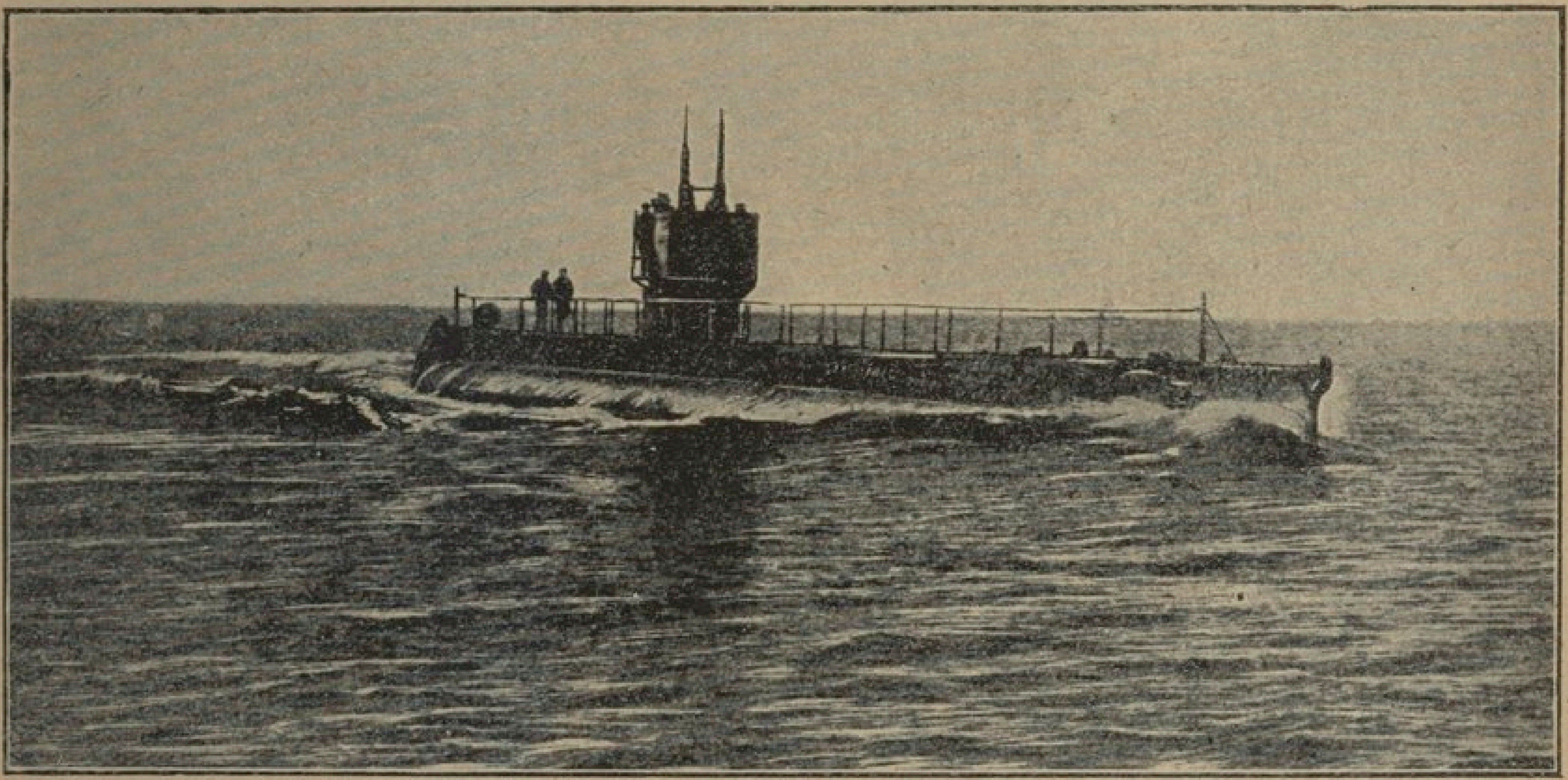
LA SALLE DES ACCUMULATEURS ÉLECTRIQUES A BORD DE L'« ISAAC-PERAL »

Des cloisons métalliques fixes munies de portes d'accès isolent les locaux contenant les batteries d'accumulateurs de la salle des machines et du poste de navigation où se tient le commandant.

ment, on le remplit d'eau tandis qu'on ferme l'orifice d'entrée, disposé du côté intérieur. D'autre part, le canon est enfermé dans un capot étanche, fixé sur le pont du sous-marin devant le kiosque et basculant pour découvrir la pièce, lors de la mise en batterie. En outre, un ingénieux dispositif de montage permet à ce canon de tirer contre les hydravions qui l'attaqueraient à la bombe.

Au-dessus de la salle des accumulateurs se trouvent les chambres d'officiers, pourvues de tout le confort possible en l'espèce, et à côté, la chambre de veille, sise au-dessous du kiosque et à peu près au milieu du bâtiment. Parmi les autres particularités dignes de remarque rencontrées à bord de l'*Isaac-Peral*, signalons encore l'original fourneau électrique pour la préparation des repas de l'équipage, lorsque le bâtiment est forcé de rester longtemps en plongée. Notons enfin que la construction de cette première unité de la nouvelle flottille espagnole s'effectua dans les chantiers de Quincy en moins d'une année et que les moteurs Diesel sortent des ateliers de Groton (Connecticut), appartenant aussi à « The Electric Boat Company ».

Quoique peu connu en France, le nom donné à ce sous-marin est légitimement honoré de l'autre côté des Pyrénées, car il rappelle le premier bateau de ce genre lancé à Cadix voilà trente ans et construit sous la direction de D. Isaac-Luis Peral, alors lieutenant de vaisseau de la marine espagnole. Le *Peral* de 1887 avait la forme d'un cylindre terminé par deux troncs de cône ; il mesurait 22 mètres de long sur 2 m. 87 de diamètre au milieu et déplaçait seulement 87 tonneaux. Deux moteurs électriques de trente chevaux, alimentés par 480 accumulateurs, actionnaient les deux hélices disposées à l'arrière. Une autre batterie de 120 éléments fournissait le courant à trois autres moteurs de 5 chevaux chacun, servant à la marche des pompes et des ventilateurs. Il possédait un seul tube lance-torpilles placé à l'avant et, naturellement, pas de canons sur son pont... inexistant. Sa mise au point exigea presque deux ans puisque les essais officiels commencèrent seulement en décembre 1889. Nous croyons devoir transcrire ici le compte rendu de ces essais d'après la *Revista general de Marina*, puisqu'ils marquent les débuts de la navigation sous-marine en Espagne. « Le *Peral*, lisons-nous dans le tome 27 de cette revue, est sorti ce matin, 17 décembre 1889, à 9 heures de l'arsenal de la Carrache (Cadix) se dirigeant vers Rota. Arrivé devant cette place, il a fermé sa porte, rempli ses compartiments, réglé les conditions de sa submersion pour la marche et a plongé à une profondeur de 9 mètres, naviguant au sud-ouest. Il a marché ainsi pendant plus de 16 minutes et est revenu ensuite à la surface de l'eau sans s'arrêter. Peu après, il a plongé une seconde fois, parvenant à se maintenir, pendant la marche, à la profondeur fixée, sans variation plus grande que deux ou trois décimètres. Cette course dura 20 minutes. Il a mouillé ensuite dans la baie, puis est



L' « ISAAC-PERAL » NAVIGUANT EN SURFACE A TOUTE VITESSE
Ce sous-marin a donné aux essais une vitesse de 15 nœuds en surface et de 10 nœuds en plongée.

rentré à Cadix vers 4 heures du soir. Le lieutenant Peral estime qu'il a fait au moins quatre milles de navigation sous-marine. »

Quant au programme des épreuves qu'il subit au cours de plusieurs mois d'essais, elles se décomposaient en quatre catégories:

1° Epreuves de vitesse et rayon d'action ;

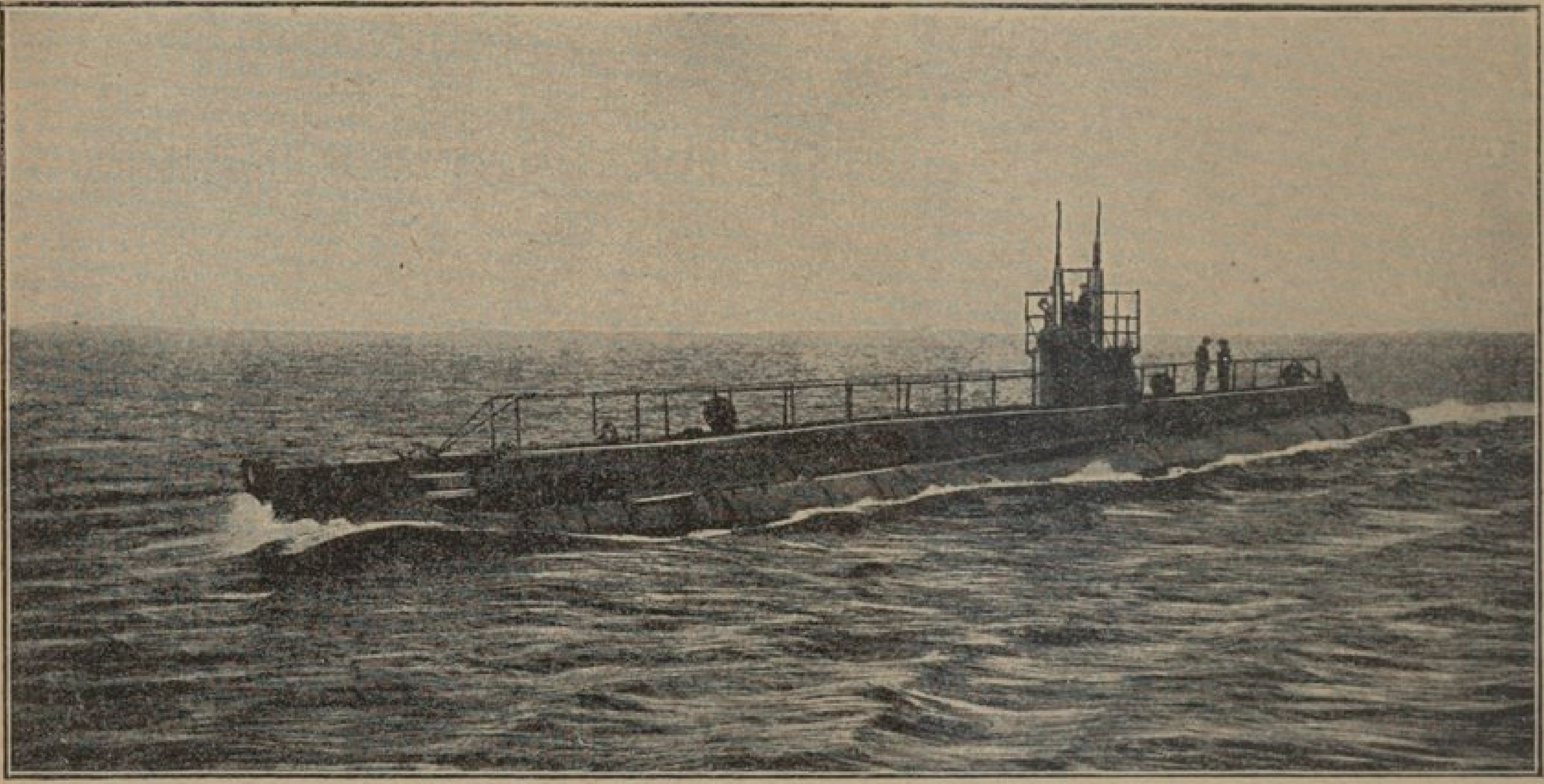
2° Epreuves de navigation sous-marine ;

3° Epreuves de tir de torpilles et d'invisibilité au moment des attaques ;

4° Epreuves à la mer par tous temps.

Le 21 mai, le *Peral* ne put naviguer que deux heures, à quart de batterie, parce que 2 heures, à 3 heures, accompagné de la *Salamandre*, il se livra à quelques expériences préparatoires d'immersion, en vue de l'exécution prochaine de la seconde partie du programme. Dans l'un de ces essais, qui dura 8 minutes, il atteignit la profondeur de 9 mètres et les experts purent constater que tous les appareils fonctionnaient bien à bord.

Le 7 juin, à 9 heures du matin, on donna au lieutenant Peral les dernières instructions pour les épreuves d'immersion et les manœuvres préparatoires commencèrent à 11 h. 30.



L' « ISAAC-PERAL » SE PRÉPARANT A EFFECTUER UNE PLONGÉE

Devant le kiosque et le périscope, près des deux marins qu'on aperçoit sur le pont, se trouve le canon de 75 millimètres à tir rapide enfermé dans un capot étanche où il disparaît après le tir.

la forte mer de l'ouest, quand elle le prenait de travers, lui faisait éprouver des mouvements de roulis violents et d'une grande amplitude. Le lendemain, la mer étant moins forte, il navigua à demi-batterie et l'épreuve dura depuis 6 h. 30 du matin jusqu'à 3 h. 50 de l'après-midi, sauf quelques interruptions par suite d'accident de machine. Il était allé en mer jusqu'à 2 milles du parallèle du cap Roche. Bien que l'épreuve de la navigation à quart de batterie pût être considérée comme suffisante, le *Peral* la recommença le 6 juin. Sorti à 5 h. 53 m. du matin, au régime de la demi-batterie, il prit celui du quart de batterie à 7 h. 45 m. et le conserva jusqu'à 1 h. 5 de l'après-midi. L'état de la mer lui avait même permis de remonter à la surface et de naviguer avec son capot ouvert, à partir de 8 heures.

Revenu au mouillage de Cadix vers les Il plongea à 11 h. 46, marcha en avant pendant 4 minutes, revint au régime du quart de batterie pendant 6 minutes, puis reparut complètement à la surface. Pendant ce mouvement sous les flots, il croisa la route d'un brick, lui passant devant à quelques encablures. A midi, il fit une immersion de courte durée à une plus grande profondeur, puis ayant pris 30 minutes pour renouveler l'atmosphère de l'intérieur, il plongea jusqu'à 8 mètres, mais revint promptement à la surface pour reconnaître d'où venait l'eau qui entrait dans l'intérieur, et, après en avoir constaté la cause, on la supprima.

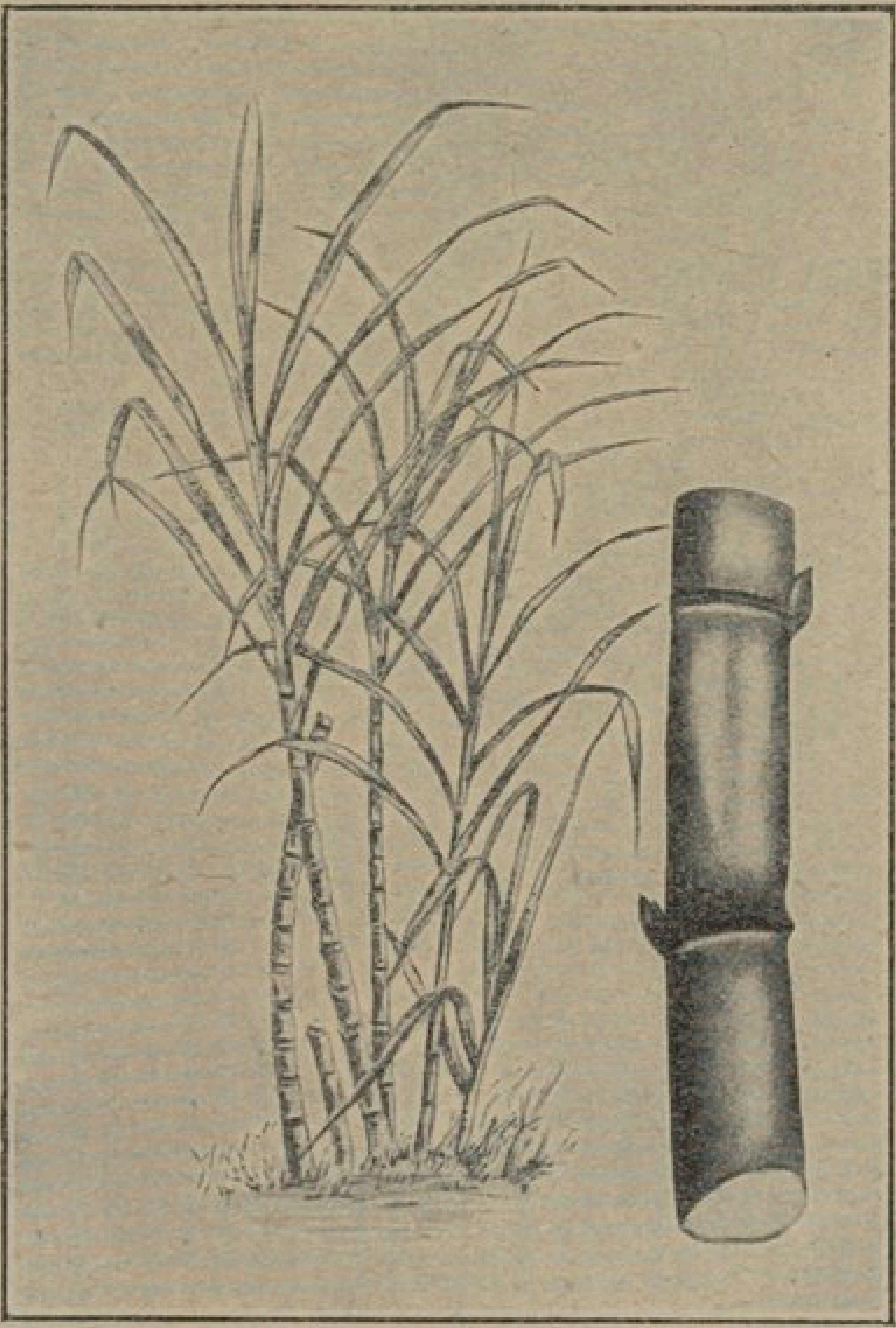
Le 21 juin, on procéda aux expériences de tir de torpilles et d'invisibilité. Le programme adopté consistait à faire des immersions occasionnelles pour apparaître inopinément et simuler l'attaque d'un bâtiment ennemi,

JULES DE VALPREY.

LES PHASES MULTIPLES DE LA FABRICATION DU SUCRE

Par GERMAIN DE VALBON

La crise du sucre est due à ce que soixante-dix sucreries seulement fonctionnent pendant la guerre, soit dans les départements français que les Allemands n'avaient pas envahis, soit dans les localités réoccupées grâce à la vaillance de nos troupes. Ces usines, arrêtées au moment de la mobilisation, ont été remises difficilement en activité : la main-d'œuvre faisait, en effet, défaut et on n'improvise pas vite un ouvrier sucrier. De plus, le gouvernement éprouve des difficultés pour le ravitaillement en charbon, et les directeurs d'usines sucrières en obtiennent malaisément. Toutes les matières premières nécessaires aux différentes opérations de cette industrie, savoir : le coke, les acides, l'huile, etc., ont augmenté de prix dans une proportion considérable. En somme, nos sucreries n'ont pu produire que 300.000 tonnes en 1916, alors qu'en temps normal la production totale de la France atteint 800.000 tonnes. Ajoutons à cela les difficultés d'exportation, les actes de piraterie sous-marine, et l'on comprendra alors combien il a été sage de rationner chaque habitant.



ROSEAU SACCHARIFÈRE, APPELÉ COMMUNÉMENT CANNE A SUCRE

La technologie sucrière est une des branches les plus intéressantes de la chimie industrielle et de la mécanique appliquée.

La betterave est une plante bisannuelle développant pendant la première année ses feuilles et sa racine, en y accumulant les matériaux de réserve nécessaires à la fructification et poussant dans la seconde année une tige qui fleurit et qui porte les graines. Il existe de nombreuses variétés de cette plante, qui se distinguent entre elles tant par la forme extérieure que par la richesse en saccharine. La betterave riche, qui est la seule cultivée en France, depuis 1884, se distingue par les signes suivants : une racine pivotante, élancée, conique, complètement enterrée ; des feuilles ondulées s'élevant peu au-dessus du sol, un petit collet, une couleur blanche, un épiderme rugueux et côtelé, une chair très ferme.

La chair de la betterave à sucre est formée d'un tissu organique composé d'innombrables cellules de formes diverses renfermant le précieux jus sucré.

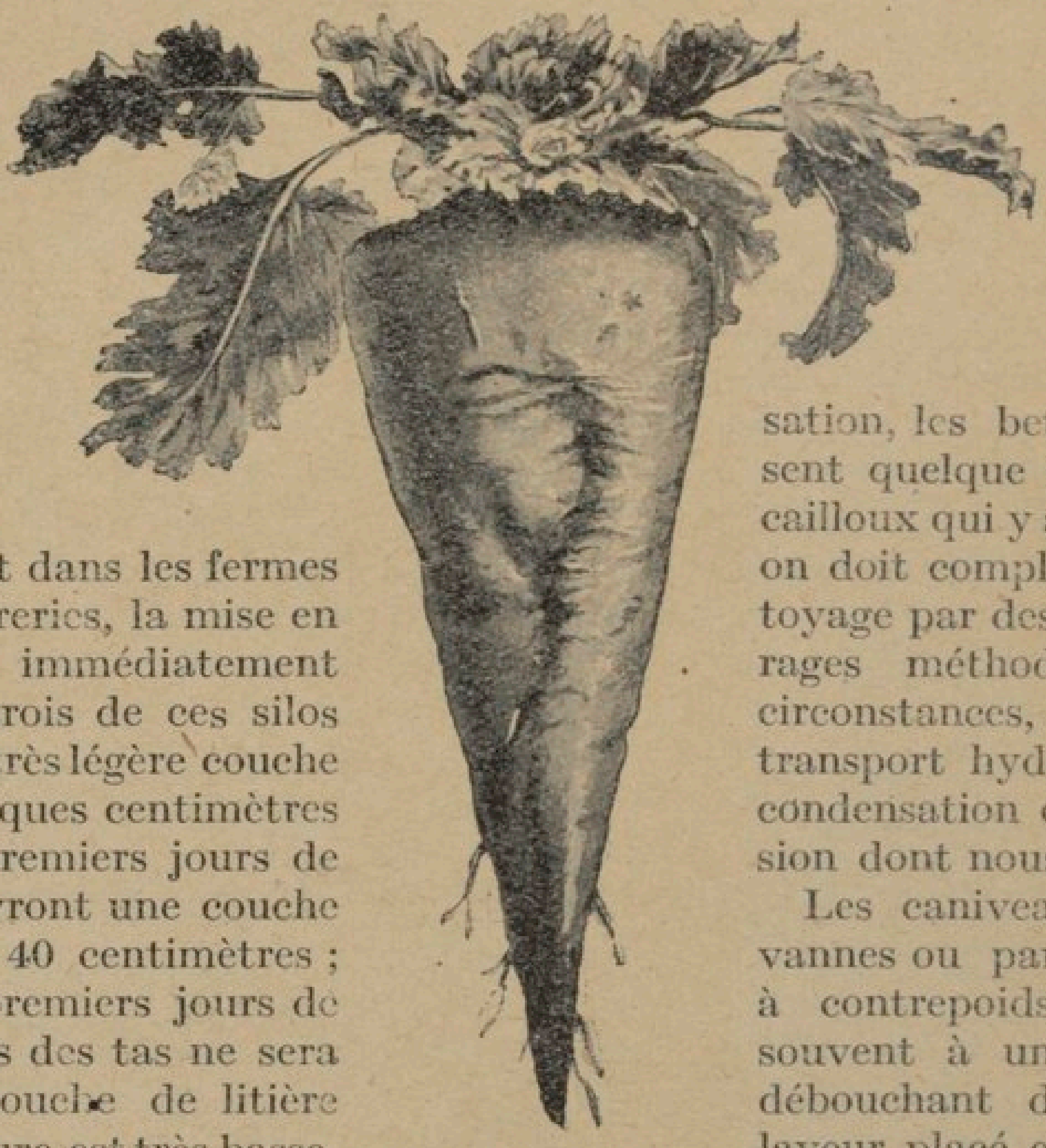
Il y a deux tissus distincts : l'un, cellulaire, servant de voie de transport pour la nourriture de la plante et en favorisant la végétation ; l'autre, saccharifère, servant simplement comme vase pour enfermer le sucre formé et l'excès de nourriture reçu par la plante. Pour la fabrication du sucre, c'est le tissu saccharifère seul qui présente de l'intérêt, car il offre, dans ses nombreuses cellules, un jus très riche en sucre et extrêmement pauvre en matières minérales.

Par ailleurs, la principale matière dissoute dans le jus de betterave est la saccharose ou sucre cristallisable, dont la proportion, très variable, détermine la valeur industrielle de la plante. Le sucre seul a une valeur

réelle pour le fabricant, alors que les matières non sucrées sont, au point de vue industriel, beaucoup plus nuisibles qu'utiles.

Les autres matières contenues dans le jus de betterave peuvent être divisées en trois groupes distincts : les matières minérales, les matières azotées et les matières organiques exemptes d'azote.

La conservation des betteraves constitue un problème important, et dans les fermes dépendant des sucreries, la mise en silos doit suivre immédiatement l'arrachage. Les parois de ces silos seront faites d'une très légère couche de litière et de quelques centimètres de terre ; dès les premiers jours de novembre, ils recevront une couche de terre d'environ 40 centimètres ; fin novembre et premiers jours de décembre, le dessus des tas ne sera recouvert d'une couche de litière que si la température est très basse. On construit des silos de plus grandes dimensions, pouvant contenir jusqu'à 500.000 kilos de betteraves.



LA BETTERAVE A SUCRE

La fabrication du sucre commence avec le transport des betteraves, arrachées soit à la main, soit à la machine.

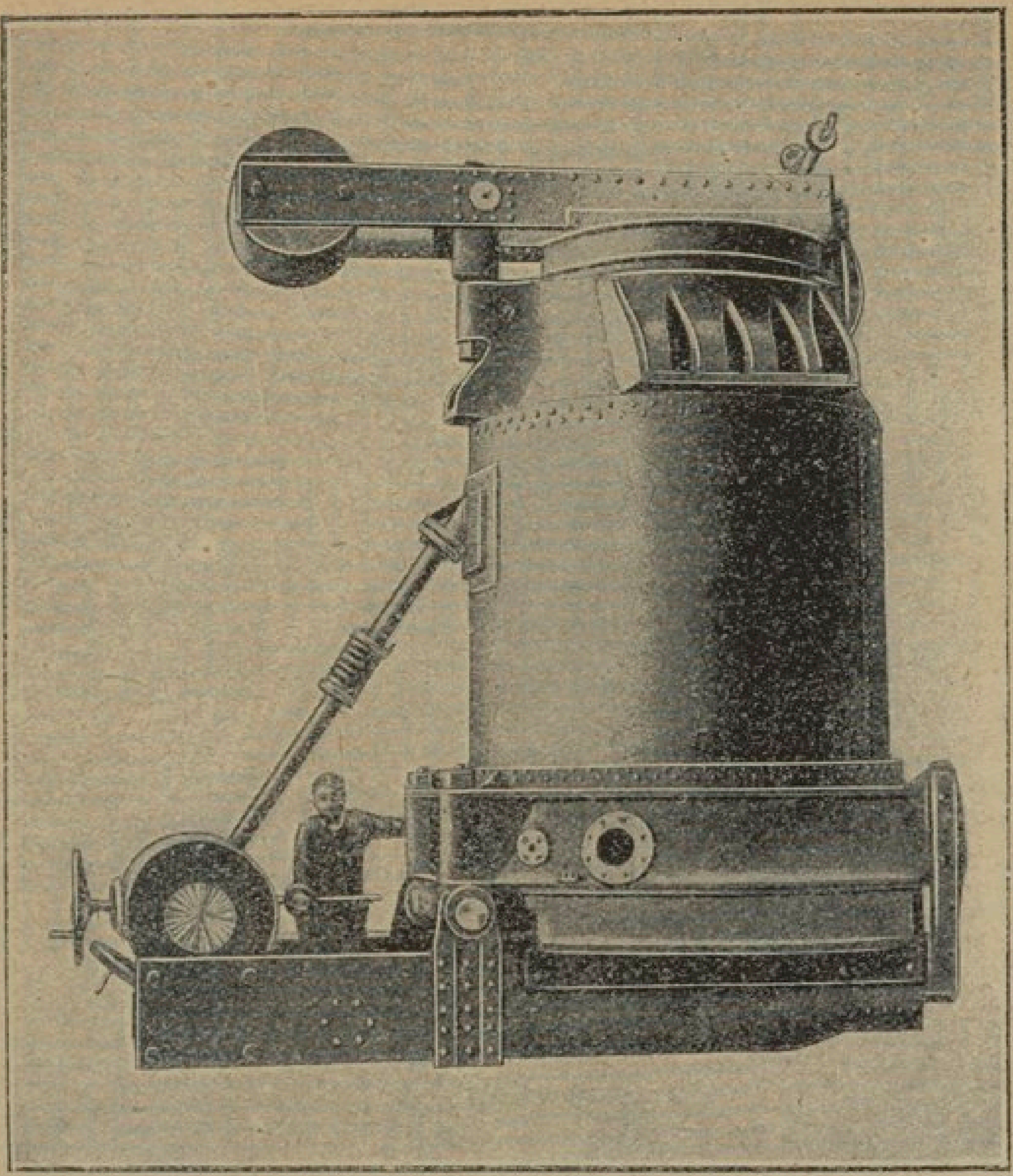
Les betteraves arrivent à l'usine au sortir des silos où elles ont été entassées et décolletées, c'est-à-dire débarrassées de leurs feuilles ; elles sont manutentionnées soit par charrettes, soit par wagonnets, soit enfin par transporteur hydraulique. Dans ce dernier cas, le sol où se trouvent entassées les betteraves présente une série de caniveaux en pente, à parois verticales inclinées, et dans lesquels un courant d'eau entraîne les racines. Tout en cheminant dans cette canalisation, les betteraves se débarrassent quelque peu de la terre et des cailloux qui y adhèrent encore. Mais on doit compléter ce premier nettoyage par des lavages et des épierrages méthodiques. Suivant les circonstances, on utilise pour le transport hydraulique les eaux de condensation ou les eaux de diffusion dont nous parlerons plus loin.

Les caniveaux, obturés par des vannes ou par de simples clapets à contrepoids, aboutissent assez souvent à un caniveau collecteur débouchant directement dans le laveur placé en contre-bas et muni de poches épierreuses où les pierres tombent par suite de leur densité, tandis que les betteraves sont entraînées par le courant d'eau. D'une manière générale, les betteraves amenées par le caniveau collecteur sont enlevées par une chaîne à godets, par une hélice ou par une roue élévatrice et transportées dans la trémie laveuse.

Certaines usines modernes emploient un

MOULIN EMPLOYÉ EN ÉGYPTE POUR L'EXTRACTION DU SUCRE DES CANNES

laveur hydro-épierreur, dont les services sont très appréciés. Cet appareil, muni de deux arbres, porte des bras tournant en sens contraire, en maintenant les betteraves au milieu de la cuve au lieu de les projeter contre les parois. On obtient, de cette façon, un lavage énergique et rapide avec une consommation minime d'eau et une production très réduite de queues et débris de betteraves. Les eaux sales du laveur sont envoyées dans un bassin à décantation au moyen de pompes ; ensuite on les évacue dans les prairies, où elles servent à l'irrigation.

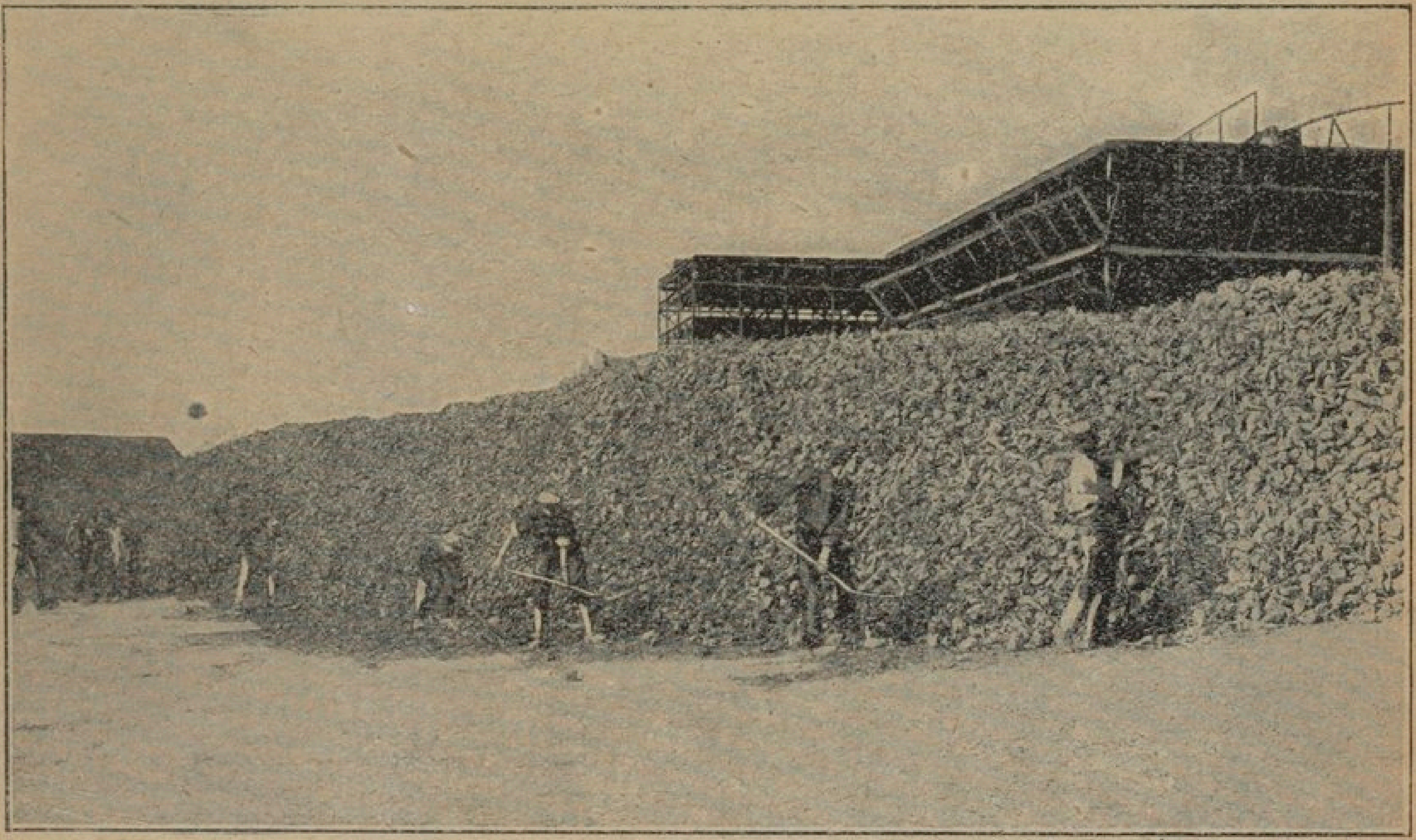


DIFFUSEUR DANS UNE SUCRERIE DE CANNES

Cet appareil, de construction relativement moderne, fonctionne notamment dans une usine de la Société des sucreries et raffineries d'Egypte.

Ce fut en 1864 que fut trouvé le procédé de la diffusion, devenu maintenant classique pour l'extraction des jus ; il y a une différence entre la macération et la diffusion, qui dérivent du même principe. Dans la macération, en effet, on cherche à mortifier les cellules par la coction, tandis que dans la diffusion, on respecte ces cellules et l'extraction du jus sucré se fait uniquement par des phénomènes osmotiques.

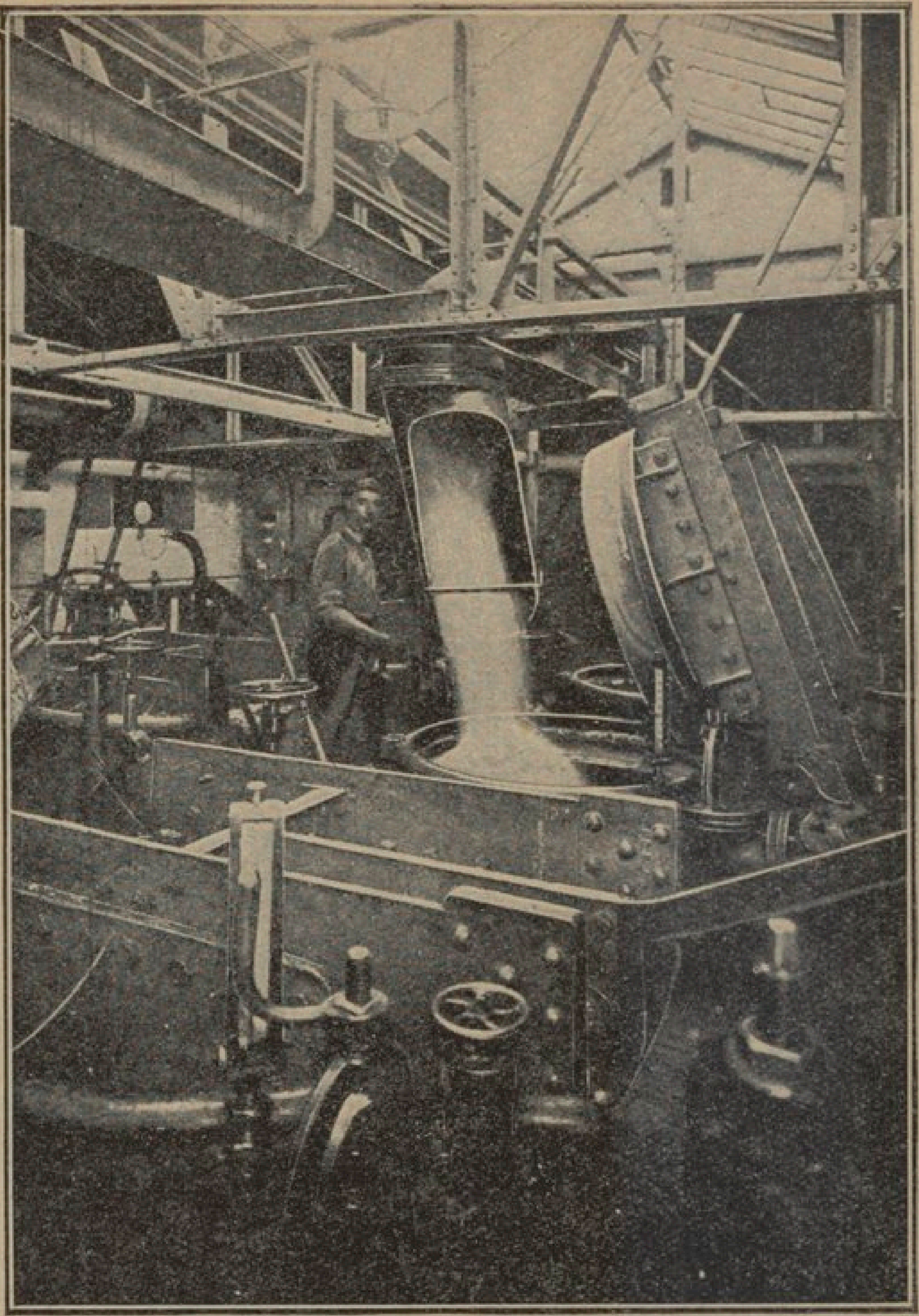
En effet, lors-



MISE EN TAS DES BETTERAVES DÉCHARGÉES DANS LA COUR D'UNE IMPORTANTE USINE

qu'on met en contact la solution d'un corps avec un liquide dissolvant, on constate que le corps dissous se répartit entre les deux liquides et que le mouvement produit est indépendant des forces extérieures. Ce mouvement ne cesse que lorsque le corps dissous est réparti dans toute la masse du liquide et que la solution est devenue bien homogène.

Si, au lieu d'un contact entre les deux liquides, on y interpose une masse poreuse (membrane poreuse perméable au liquide dissolvant et imperméable aux molécules du corps dissous) la pression osmotique se manifeste par un phénomène hydrostatique dont on peut évaluer l'intensité assez approximativement.

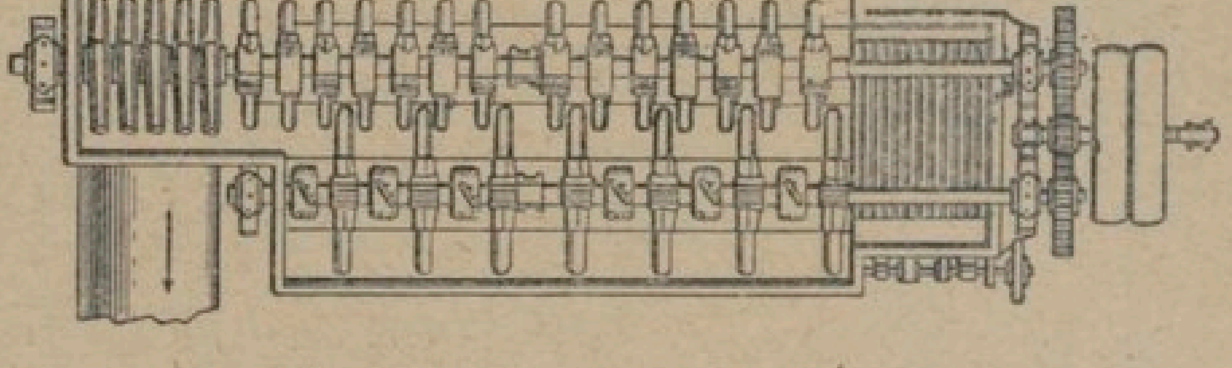


INTRODUCTION DES COSSETTES DANS UN DIFFUSEUR

Les betteraves sont découpées en fines lamelles appelées « cossettes » que l'on amène dans les diffuseurs au moyen de trémies spéciales installées au-dessus d'eux.

La force osmotique fait appel d'une certaine quantité de dissolvant et le volume de la solution augmente jusqu'au moment où la pression hydrostatique fait équilibre à la pression osmotique. Dans la pratique industrielle, les conditions sont combinées de telle façon que l'on assure une diffusion rapide et aussi complète que possible du sucre contenu dans les betteraves découpées en cossettes, dont un vingtième environ des cellules se trouvent ouvertes et abandonnent directement leur jus, tandis que les cellules demeurées intactes constituent autant de dialyseurs de grande activité. En opérant une diffusion méthodique par le passage successif du liquide dans une série de récipients, disposés en batterie, et en observant les conditions mécaniques que la pratique a enseignées, on obtient un rendement élevé en sucre extrait, sous forme d'un jus plus pur et plus fluide que celui de la macération à laquelle fut emprunté le principe précieux de l'enrichissement méthodique.

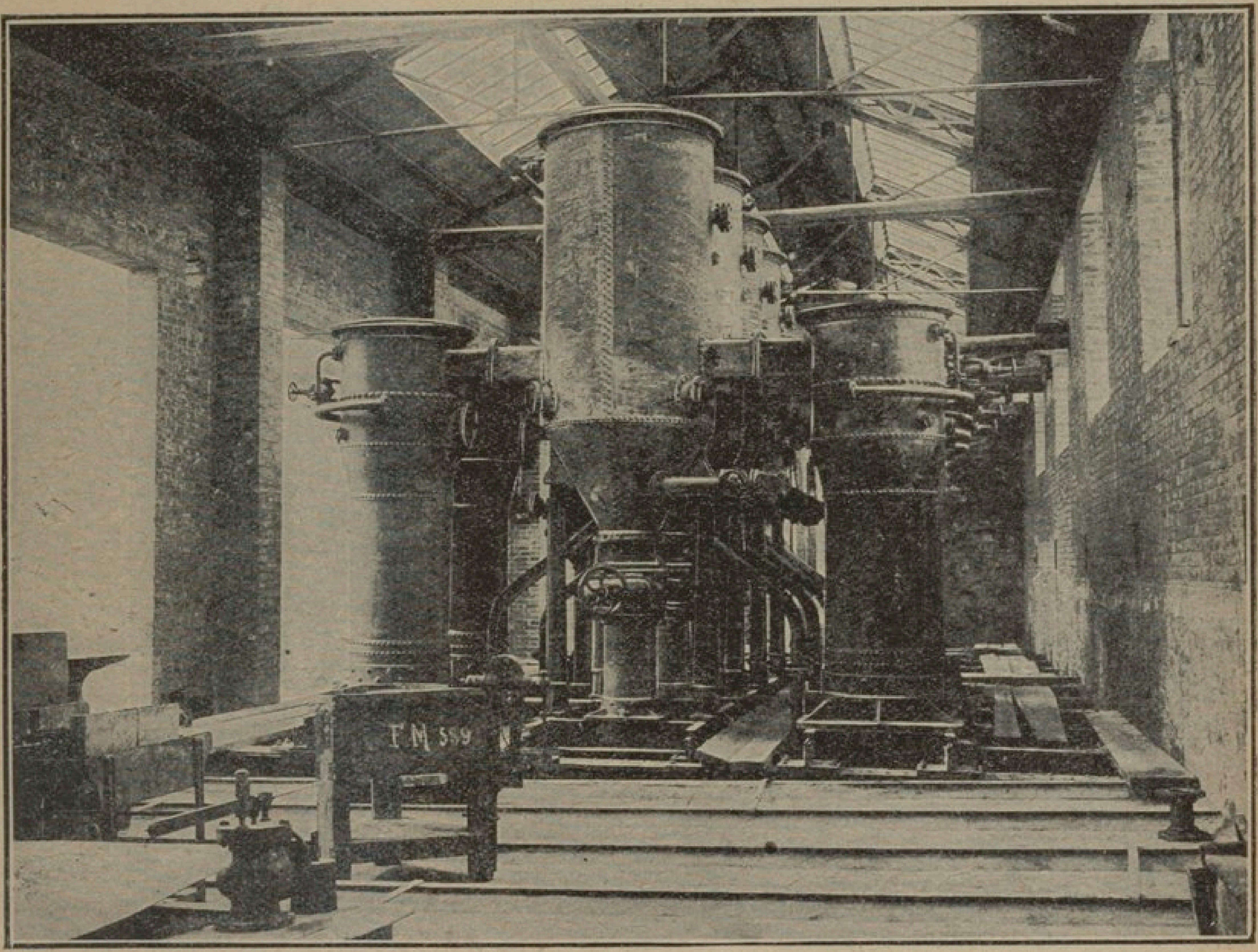
Les diffuseurs des sucreries sont des vases cylindriques clos disposés en batterie de 13, 14 ou 16, qui communiquent l'un avec l'autre par des tuyaux partant du fond de chaque appareil pour aboutir à la tête du suivant. C'est dans ces tuyaux de communication que l'on place des serpentins ou des faisceaux tubulaires destinés à chauffer le jus pendant son passage et à le porter aux températures voulues indiquées par des thermomètres. Le coupe-racines est installé sur l'étage au-dessus du centre



PLAN D'UN LAVEUR HYDRO-ÉPIERREUR

Ce laveur comporte deux arbres portant chacun une série de bras de battage et tournant en sens contraire. Les betteraves sont ainsi maintenues au milieu de la cuve au lieu d'être projetées contre les parois.

d'une batterie circulaire ou au milieu d'une batterie rectiligne. Il découpe les betteraves en cossettes, qui sont directement amenées par une trémie dans les diffuseurs ou par l'intermédiaire d'un distributeur en forme de courroie glissière, selon la manière dont est disposée la batterie. Le système de coupe-racines le plus répandu est celui à disque horizontal, tournant autour d'un axe vertical, mis en mouvement par une série d'engrenages.



VUE DE LA PARTIE SUPÉRIEURE DES ÉVAPORATEURS SYSTÈME KESTNER

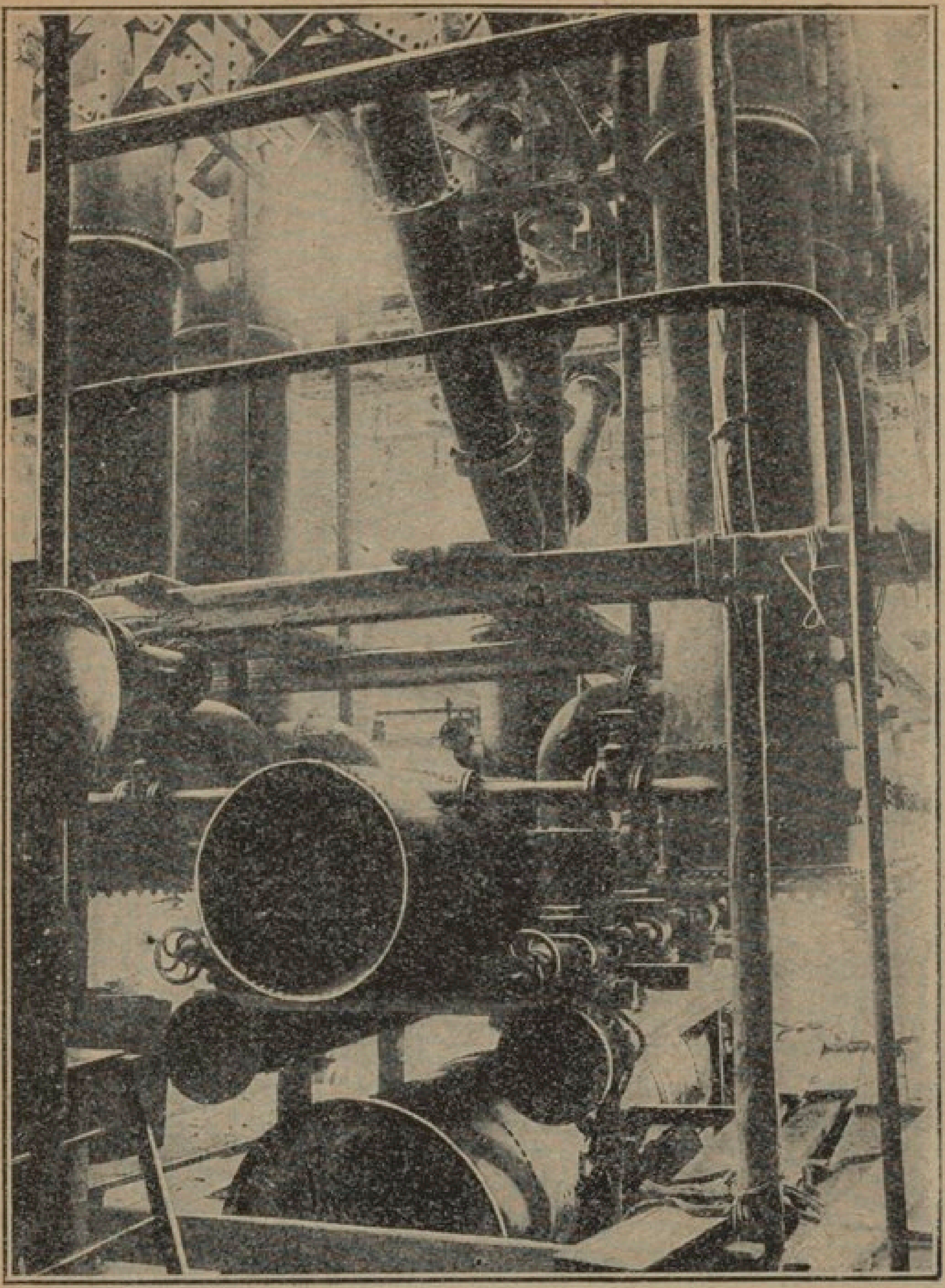
Le chargement terminé, on ferme la porte du haut et l'on ouvre le robinet d'air. Supposons que toute la batterie soit en marche. On ouvre la soupape à jus de ce diffuseur et celle du diffuseur suivant qui est vide ; le jus passe alors dans le calorisateur suivant, qu'il traversera de haut en bas et pénètrera de bas en haut dans le diffuseur qui vient d'être chargé. On désigne cette opération préliminaire sous le nom de « meichage ».

Quand le jus sort par le robinet d'air, on ferme ce dernier et, en même temps, la soupape à jus de ce diffuseur ; on ouvre du même coup la soupape de la communication. Le courant de la batterie, qui est renversé pendant le meichage, est remis en place, le jus traversant les cossettes fraîches du haut en bas, en vertu de la pression exercée par l'eau mise en temps voulu sur le diffuseur le plus épuisé en queue de la batterie.

Durant la circulation, l'eau arrive en contact avec les cossettes les plus pauvres en sucre pour en extraire le peu qui reste ; le jus faible traverse alors l'avant-dernier diffuseur, et ainsi de suite, s'enrichissant de plus en plus par le contact avec des cossettes de moins en moins appauvries, jusqu'au moment où il vient baigner des cossettes fraîches. Les diffuseurs du milieu de la batterie sont maintenus à une température de 75° et ceux qui se trouvent en tête et en queue ne sont pas chauffés.

On envoie au bac mesureur le volume de jus que l'on doit soutirer par diffuseur, et on procède ensuite au meichage du diffuseur suivant, ce pendant que l'on vide le diffuseur épuisé en queue de batterie, après avoir placé la pression d'eau sur le diffuseur suivant.

Par de nombreux essais, on a reconnu que la diffusion se faisait beaucoup mieux au-dessus de 70° qu'à une température inférieure, par suite de la coagulation de la matière albuminoïde. Par suite, en « meichant » à une température élevée, on obtient



PARTIE INFÉRIEURE D'UN ÉVAPORATEUR KESTNER

des jus plus purs et plus pauvres en azote.

Le jus extrait de la betterave est tellement noir et de goût si infect que la sucrerie n'a pu commencer à prospérer que le jour où des procédés convenables d'épuration furent imaginés par des chimistes spécialistes.

L'épuration des jus.

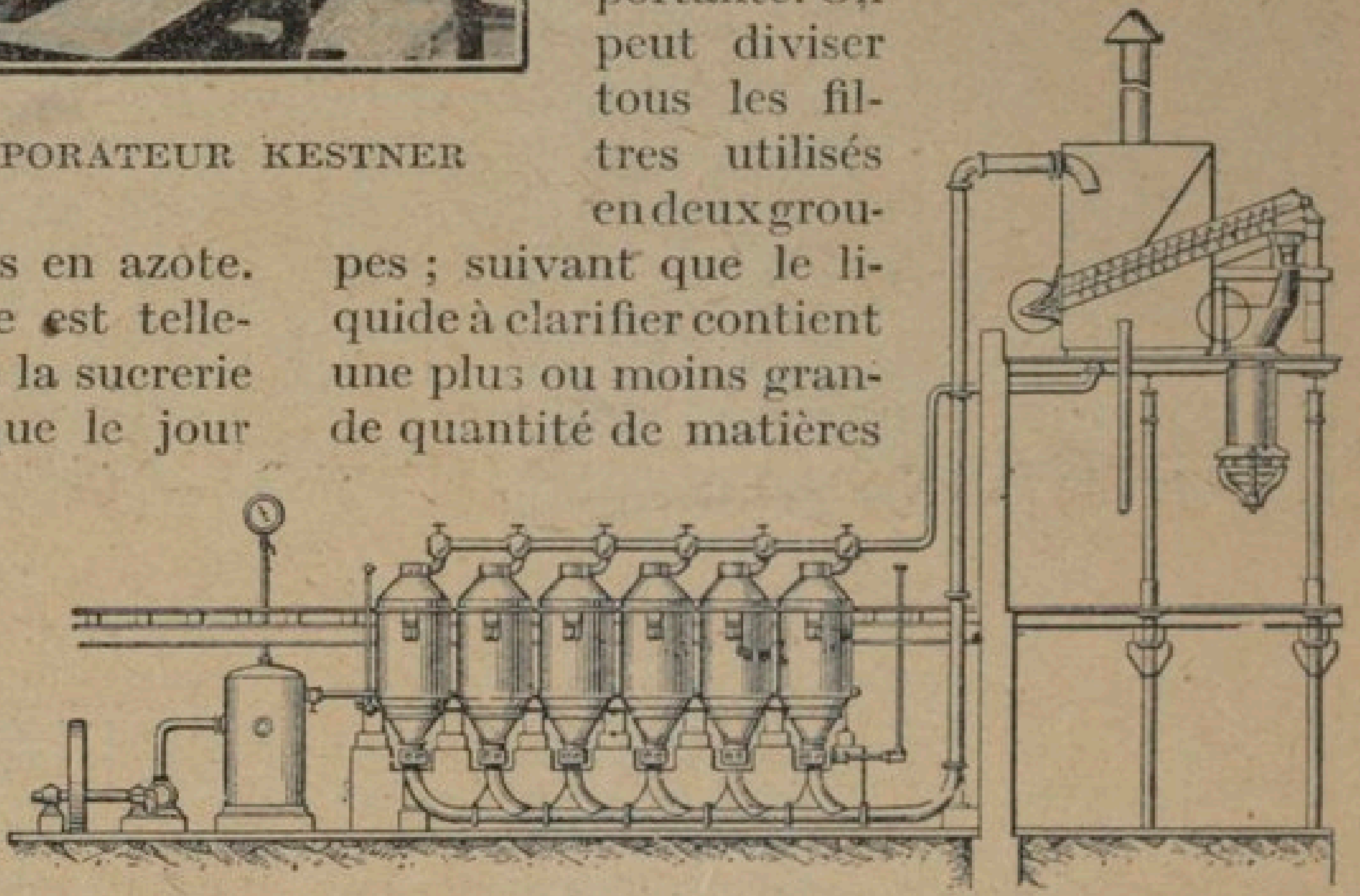
L'épuration du jus de betteraves consiste simplement à décomposer, par la chaleur, du carbonate de chaux ou craie, en gaz carbonique et chaux vive.

On commence par ajouter la chaux éteinte et pulvérisée au jus des betteraves ; on fait alors barboter le gaz dans ce mélange. Il se forme un précipité de craie qui englobe toutes les impuretés organiques ; ensuite, en décantant et en filtrant, on obtient un jus épuré qui est très clair.

On réalise une sorte de lait de chaux que l'on tamise et que l'on ajoute au jus venant de la diffusion où se fait l'extraction du jus de betteraves. En général, il suffit de deux kilos de chaux vive par quintal de betteraves Le jus ainsi mêlé à la chaux : le « jus chaulé », comme disent les sucriers, est envoyé, par des pompes, dans de grands bacs situés en haut de l'usine. Ces bacs renferment des serpentins à vapeur pour la chauffe ; de plus, ils sont munis de tuyaux à trous de barbotage par où peut arriver le gaz carbonique venant d'une machine pneumatique. Ainsi donc, la carbonatation s'effectue en laissant arriver le gaz jusqu'à ce qu'il ne reste plus que très peu de chaux libre dans le jus. Il faut, du reste, qu'il y ait toujours, dans le jus de sucrerie, un peu d'alcalinité, car la moindre dose d'acide pourrait altérer le sucre brut et le faire passer à l'état de glucose incristallisable.

La clarification du sucre.

Dans la fabrication du sucre, la clarification est une opération particulièrement délicate et importante. On peut diviser tous les filtres utilisés en deux groupes ; suivant que le liquide à clarifier contient une plus ou moins grande quantité de matières étrangères en suspension, on utilise soit les filtres-presses, soit les filtres mécaniques.

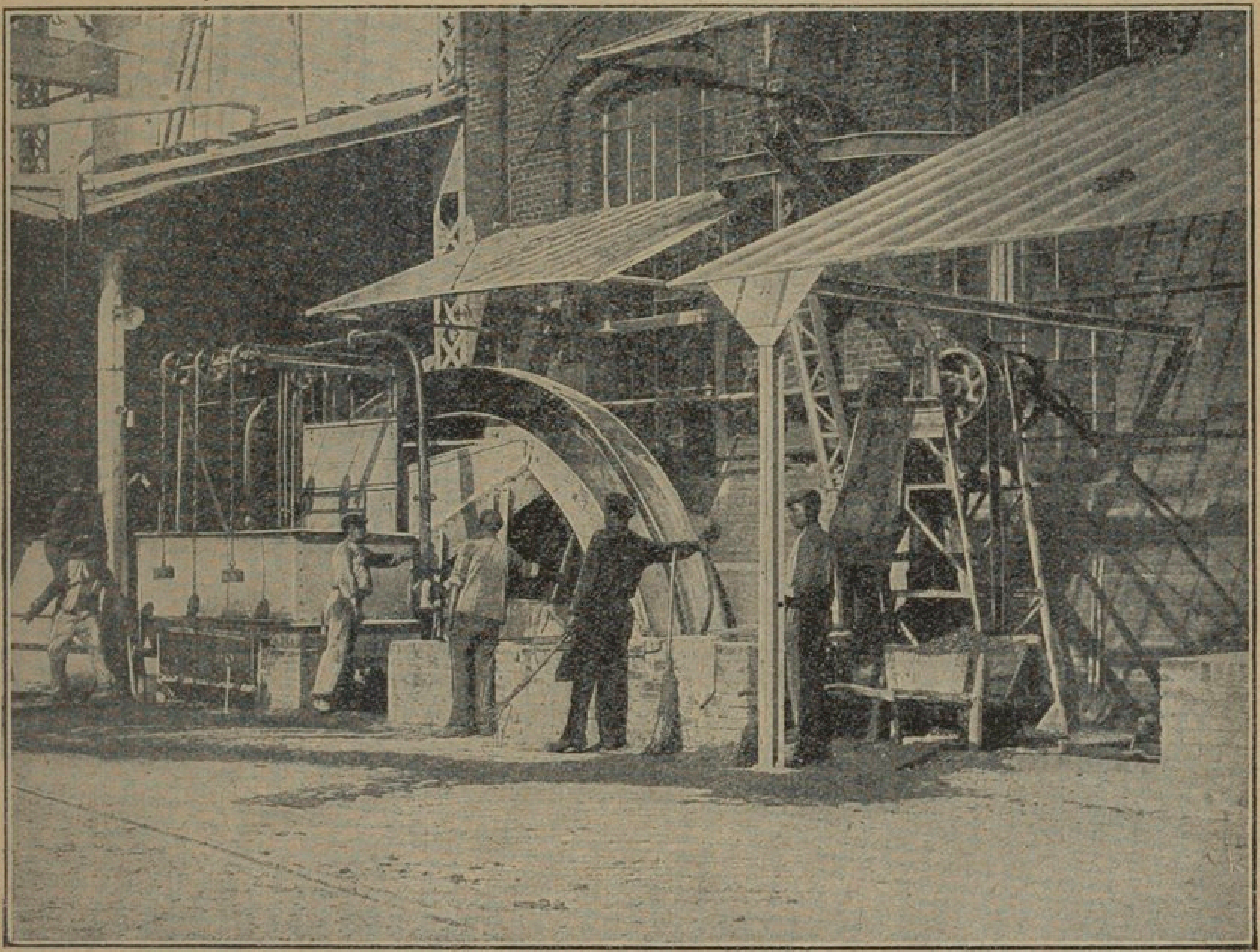


BATTERIE DE DIFFUSION A VIDANGE AUTOMATIQUE

Ces diffuseurs à fonds coniques sont doublés à l'intérieur par un faux fond de tôle perforée. Ils sont fermés à leur partie inférieure par une vanne à joint hydraulique qui les relie à une canalisation de fonte longeant la batterie et débouchant dans un bac situé à un étage supérieur de l'usine.

Le filtre-presse permet l'accumulation facile des poudres qui sont en suspension dans le liquide ; il favorise également le

lavage du précipité obtenu, afin d'enlever les traces du sucre du liquide d'imbibition et enfin l'extraction facile du résidu moulé en plaques friables. Le principe du filtre-presse est le suivant : imaginez un bâti supportant, pressée entre deux sommiers solides, une rangée de cadres en fonte disposés verticalement et munis de deux poignées latérales glissant sur des tringles horizontales. Chaque Quand tout l'espace en est ainsi rempli (ce que l'on constate aisément au faible débit des robinets), on ferme la valve d'arrivée du jus, puis tous les robinets d'écoulement des plateaux pairs, après quoi il y a lieu d'ouvrir la valve supérieure, qui permet l'arrivée de l'eau. L'eau, en arrivant par le haut de tous les plateaux pairs, sort par les plateaux impairs ; elle est donc forcée de traverser



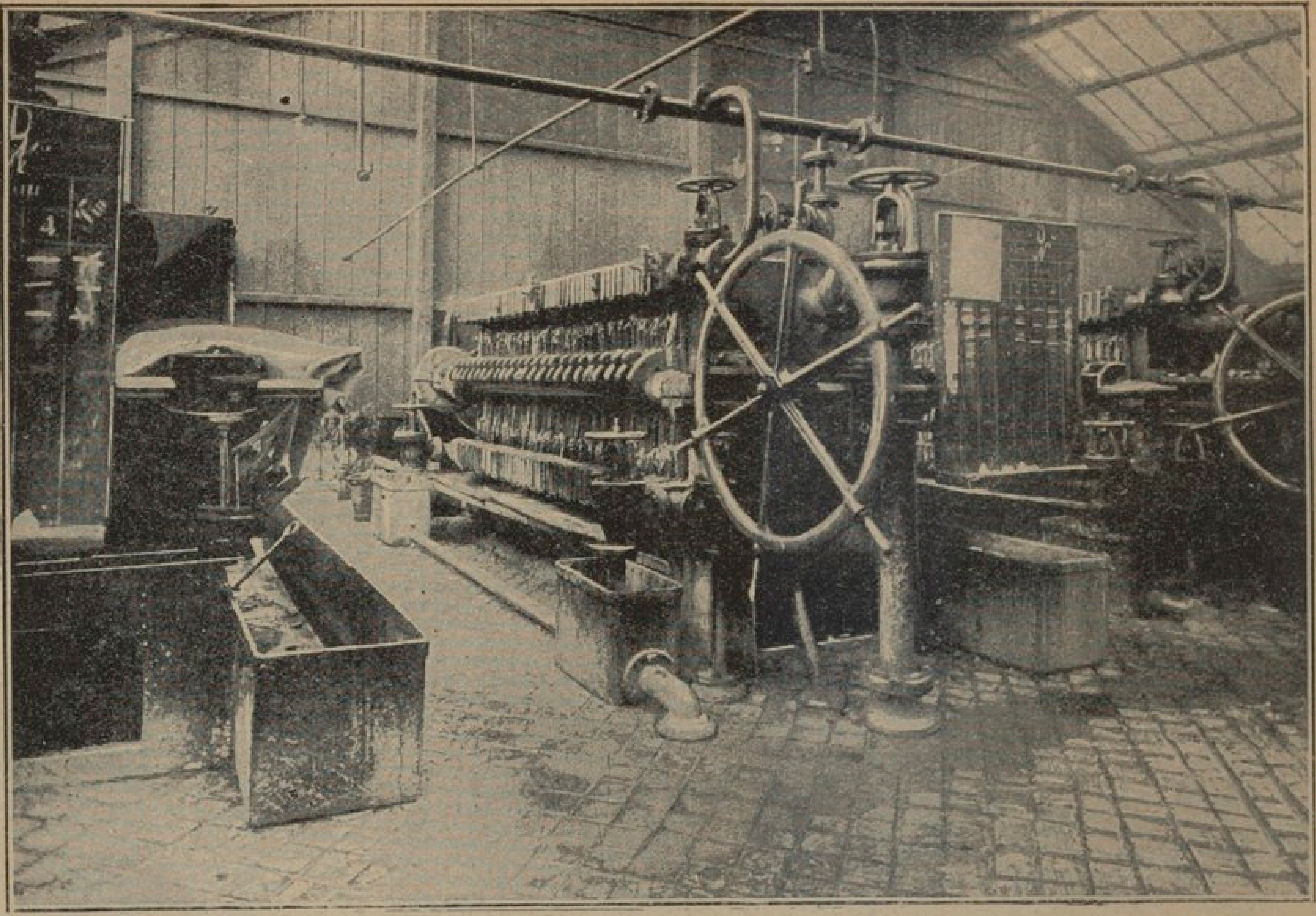
RAPAGE DES BETTERAVES ET ÉLÉVATION DES COSSETTES JUSQU'AUX DIFFUSEURS

Ce râpage s'effectue au moyen de coupe-racines installés au centre d'une batterie circulaire ou au milieu d'une batterie rectiligne de diffuseurs.

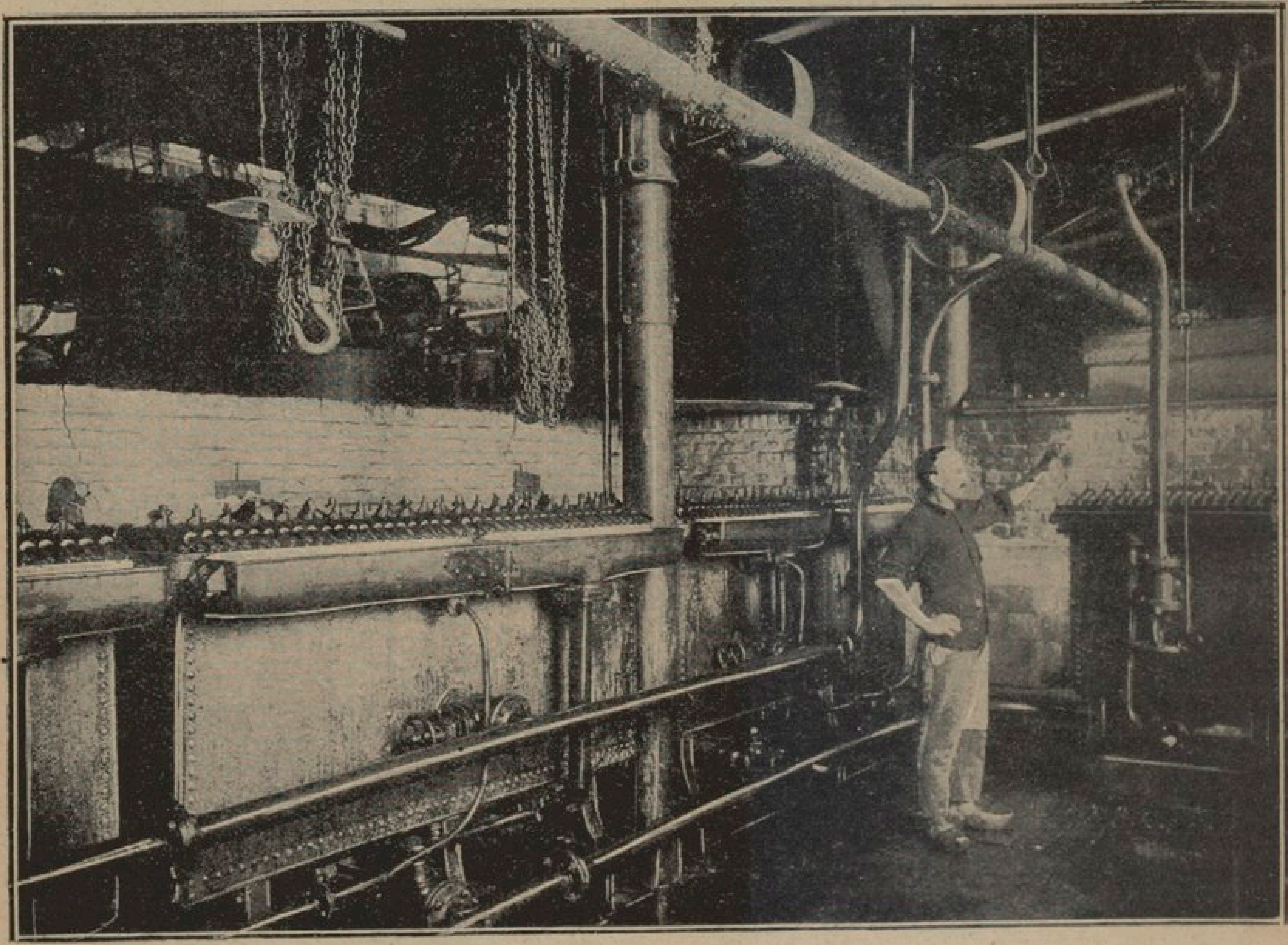
cadre est entouré d'une « serviette » en épais tissu ; il supporte deux panneaux de tôle perforée et se trouve percé de trous divers qui forment, avec les trous des cadres voisins, des canaux disposés longitudinalement. Les serviettes assurent le joint hermétique entre les plateaux voisins ; elles sont trouées aux endroits convenables pour ne pas obturer la circulation. Examinons alors la technique de l'opération : le jus trouble arrive par le canal central et pénètre dans les intercadres ; ne trouvant pas d'autre sortie que les robinets du bas de chaque cadre, il passe à travers le tissu que soutient la tôle perforée : le précipité reste donc entre les deux toiles. chaque plaque du résidu, qui est, de ce fait, facilement et convenablement lavé.

Au moment où l'eau qui sort est à peine sucrée, on arrête l'arrivée de cette eau et on ouvre tous les robinets. Pour terminer, on desserre suffisamment les vis servant à assurer une forte pression sur la pile des cadres : cette opération est nécessaire pour éviter les fuites à chaque joint.

Des ouvriers, qui sont placés de chaque côté du filtre, font glisser les plateaux sur les longerons, et, à l'aide de sortes de sabres de bois, font tomber les gâteaux lavés dans un petit wagonnet placé à l'étage au-dessous. Il est possible alors de serrer à nouveau les



FILTRE-PRESSE SERVANT A LA CARBONATATION DES JUS DE BETTERAVES



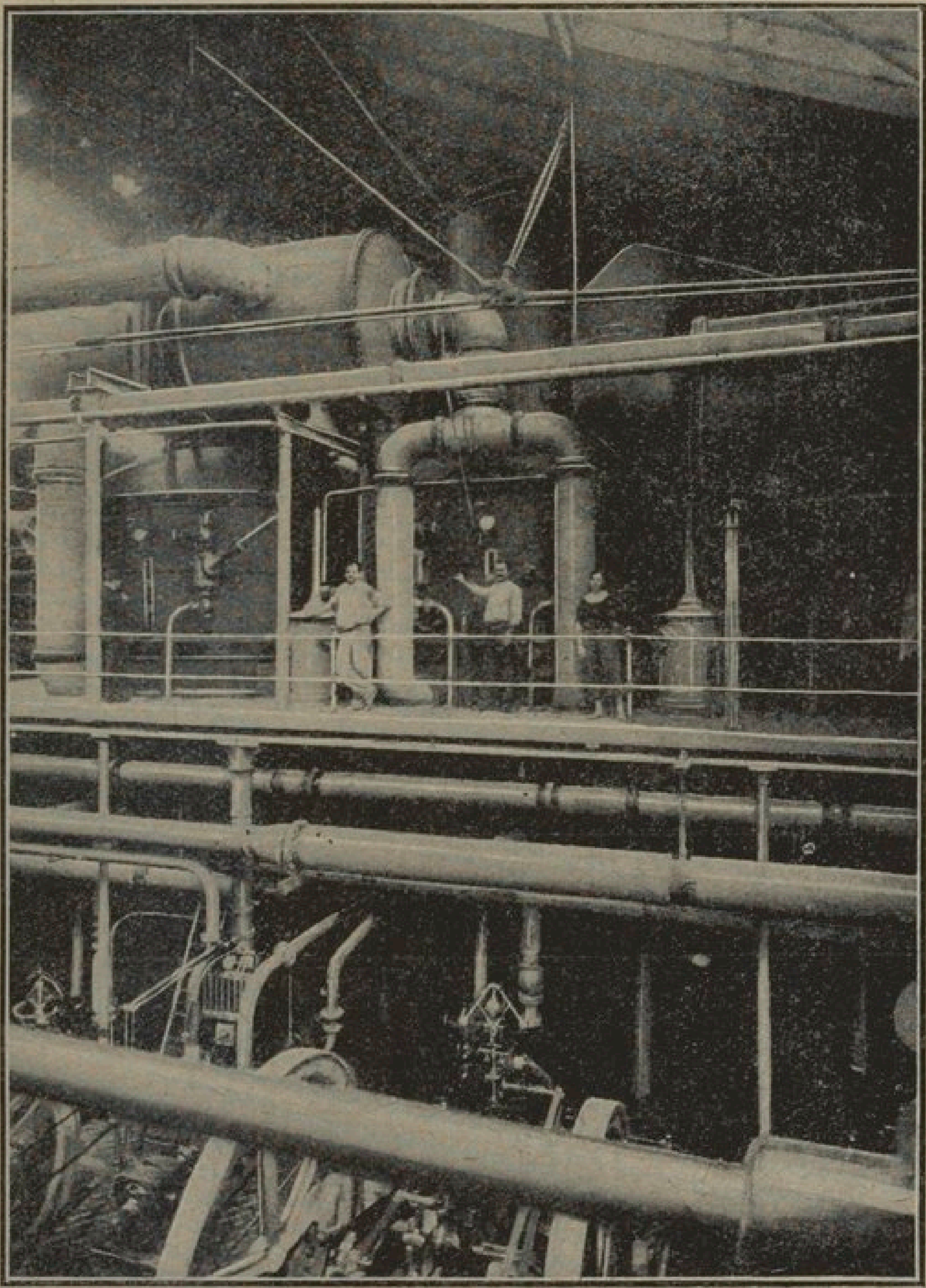
REFILTRAGE DES JUS APRÈS LEUR PASSAGE DANS LES FILTRES-PRESSES

cadres et de procéder à une nouvelle filtration, opération tout aussi indispensable.

Les filtres mécaniques procèdent autrement : dans le modèle le plus couramment employé, l'étoffe filtrante est tissée en forme de sac très plat muni d'une ouverture garnie d'un bourrelet bien régulier. Les sacs sont introduits dans les fentes de la paroi supérieure d'un coffre fait en tôle; on place à l'intérieur, pour maintenir la forme de ce coffre, une sorte de plateau en treillage. Au-dessus est situé un chapeau de fonte dont la partie inférieure, bien dressée, appuie sur le bourrelet qui dépasse autour de l'ouverture. (On peut serrer le chapeau du récipient au moyen de vis et un bourrelet assure la fermeture hermétique du joint).

On amène alors le jus à filtrer sous pression; il commence par passer à travers les serviettes, monte ensuite dans les mailles du treillage, dans le chapeau supérieur et s'écoule, en fin de compte, dans une sorte de nochère latérale. Un filtre mécanique comprend plusieurs de ces éléments placés côte à côte dans un très grand récipient. Après une première carbonatation, on filtre aux presses ; après la seconde carbonatation, le jus passe d'abord dans les presses, puis dans les filtres mécaniques.

Après les avoir épurés, on sulfite les jus sucrés. Il arrive aussi que certaines sucreries blanchissent le jus sucré en ajoutant un peu d'hydrosulfite de chaux ou de soude dont le pouvoir décolorant est encore plus énergique que celui du gaz sulfureux.



APPAREILS DE CARBONATATION

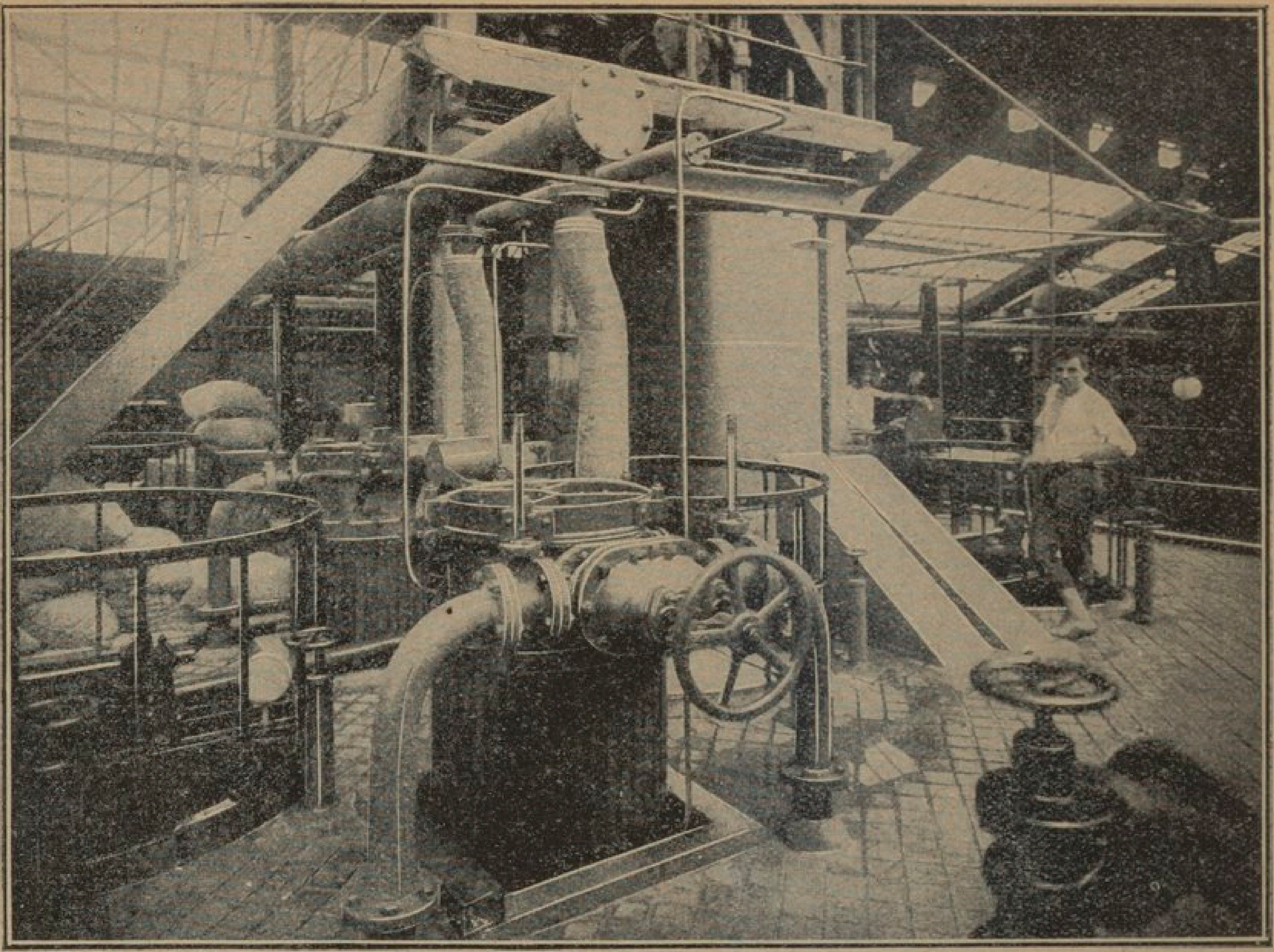
Le jus trouble sortant des diffuseurs renferme des particules de pulpe fine en suspension. On l'épure en éliminant par l'action de la chaux et de l'acide carbonique les éléments solides, de manière à faciliter autant que possible la cristallisation du sucre.

La concentration des jus.

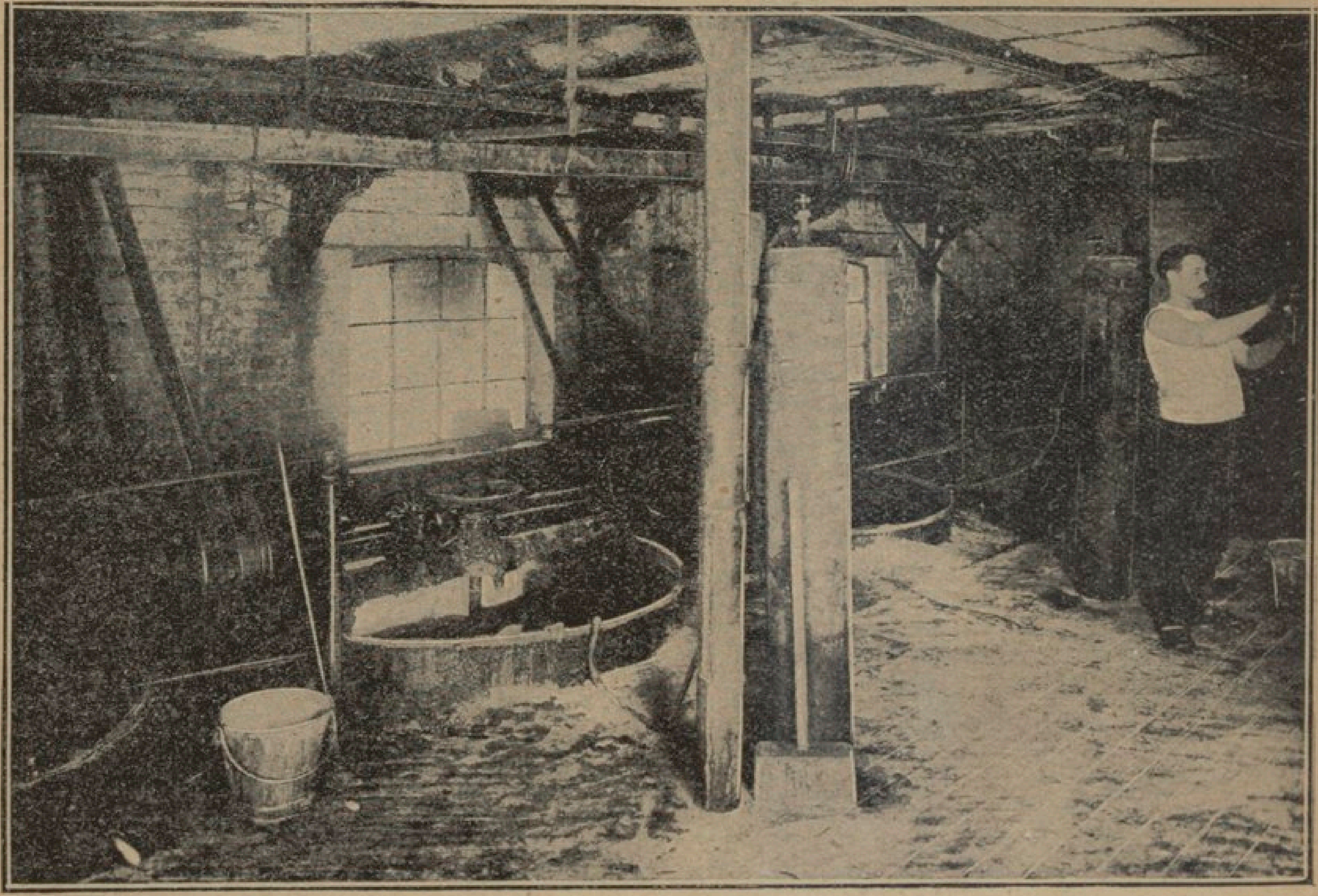
Le jus filtré de la deuxième carbonatation renferme à peu près 10 à 11 % de sucre, par suite de la dilution qu'a subie le jus de sucre du fait de l'addition de lait de chaux et des petites eaux provenant des dégraissages des filtres. Avant de mettre en cristallisation, il faut concentrer ce jus à 25° Baumé, en évaporant les deux dixièmes d'eau qu'il contient.

L'appareil d'évaporation à multiples effets est basé sur le principe du vide; il est d'un grand rendement et sa consommation en vapeur de chauffage est fort réduite.

Dans leur forme actuelle, les caisses d'évaporation sont tubulaires, le jus circulant à l'intérieur des tubes et la vapeur de chauffage à l'extérieur. Soit, par exemple, un appareil à triple effet, dont les caisses seront désignées par *ABC*. La vapeur dégagée dans la caisse *C* (la dernière) est condensée par l'injection d'eau froide et aspirée par une pompe et le vide produit abaisse notablement la température d'ébullition du liquide qui circule dans les tubes de cette caisse *C*, liquide relativement froid et que l'on peut utiliser pour condenser la vapeur dégagée de la caisse *B*, que l'on fait entrer dans la chambre de chauffe *C*. Cette nouvelle condensation provoquera dans la caisse *B* un vide inférieur



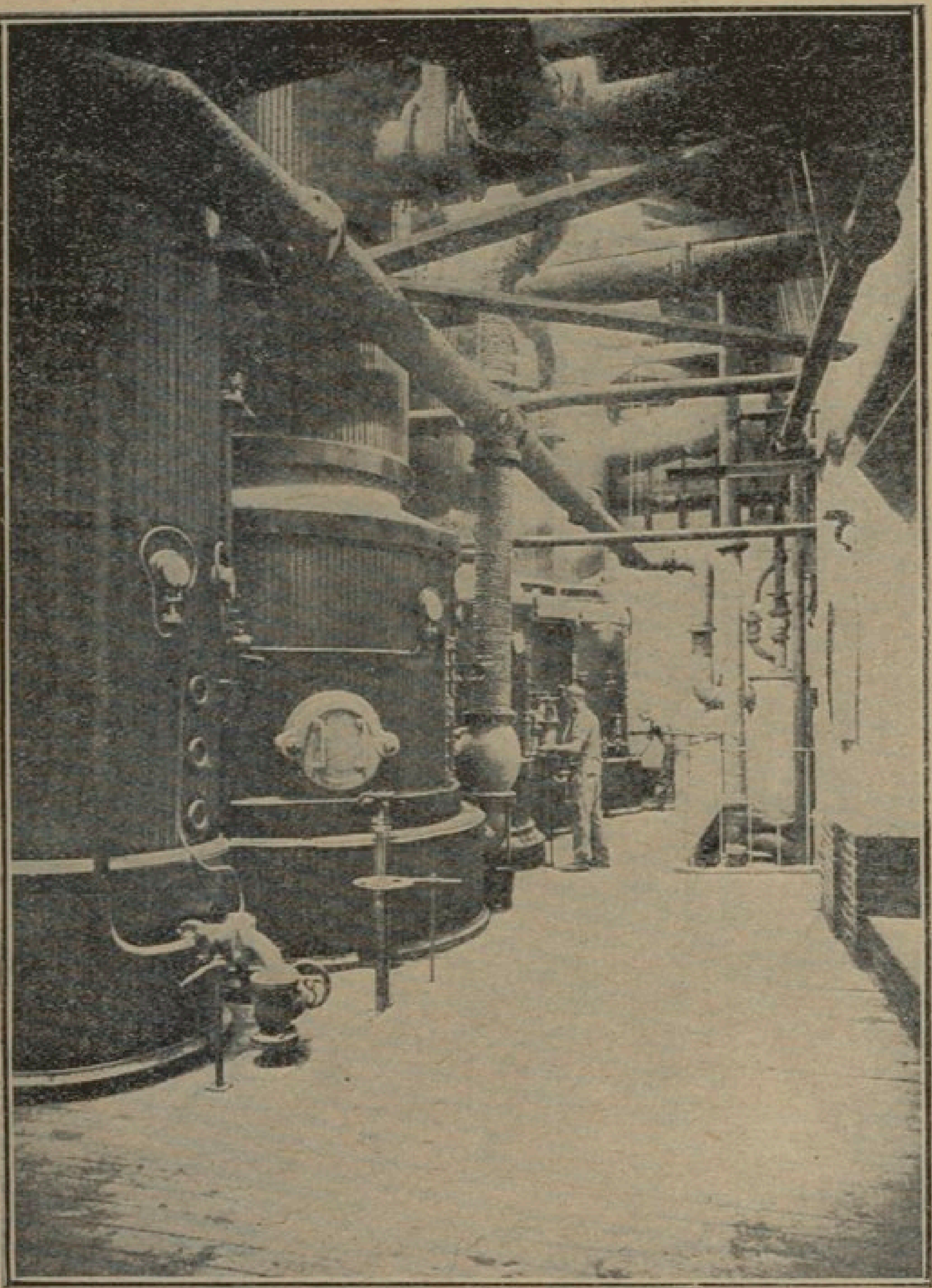
MACHINE A TRIPLE EFFET POUR L'ÉVAPORATION ET LA CONCENTRATION DES JUS



BASSINS EMPLOYÉS POUR LA REFONTE ET LA DÉCOLORATION DES SUCRES BRUTS

à celui de la caisse *C* et le liquide de *B* aura, par suite, un point d'ébullition supérieur à celui de *C*, mais inférieur à celui de la caisse *A*, dont la vapeur introduite dans la chambre de chauffe *B* sera condensée au contact d'une surface refroidie de l'autre côté par un liquide bouillant à une température plus basse.

Dans ces conditions, il n'y a que le liquide de la caisse *A* qui soit directement chauffé par la vapeur de l'usine, tandis que le liquide de la caisse *B* est chauffé par la vapeur du jus de la caisse *A*, celui de la caisse *C* est chauffé par la vapeur du jus de la caisse *B* et seule la vapeur qui st dégagée dans la caisse *C* est condensée et aspirée par une pompe à air. Dans les installations des usines modernes, on utilise des machines à quadruple effet; le vide est réalisé au moyen d'un condenseur barométrique et la pompe à air n'aspire que les gaz non condensables dissous dans le jus, respectivement formés et dégagés pendant l'évaporation. Parallèlement à la pompe à air se trouvent les pompes à ammoniaque, qui ont pour mission d'extraire des faisceaux tubulaires de *B* et *C* l'eau formée par la condensation du jus, eau qui contient de l'ammoniaque en très faible quantité.



APPAREILS POUR LA CUISSON DES JUS DE BETTERAVES

Pour provoquer la cristallisation du sucre, on cuit les jus dans des chaudières cylindriques verticales munies de serpentins et de dômes, avec condensateurs et vases de sûreté.

La cristallisation.

La cristallisation du sucre peut être obtenue par l'évaporation d'une partie de l'eau contenue dans la solution ou bien par le refroidissement de la solution saturée à une température élevée. En raffinerie, on fait une cristallisation plus fine qu'en sucrerie, où l'on produit un grain plus ferme au sein d'une solution beaucoup plus impure.

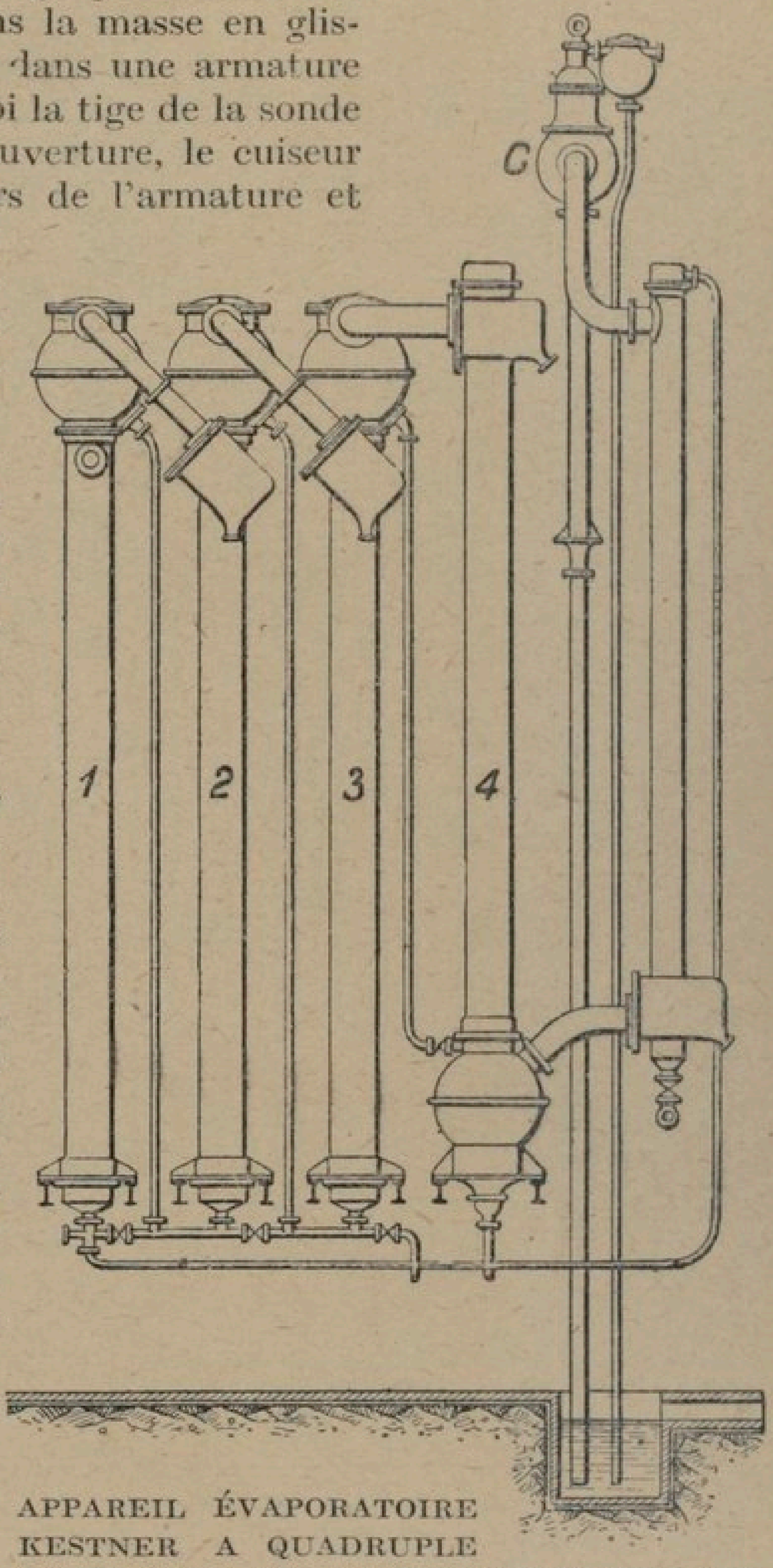
Bien que la concentration du sirop sortant de la dernière caisse du multiple effet soit relativement élevée, le point de saturation n'a pas été atteint. C'est l'appareil à cuire qui achèvera l'évaporation de l'eau contenue dans le sirop pour le transformer en une masse cristallisée dite « *masse-cuite* ». L'appareil à cuire ressemble extérieurement à une caisse de multiple effet ; il est formé d'une chaudière cylindrique verticale surmontée d'un dôme et munie d'un vase de sûreté et d'un condensateur avec pompe à air. Sa partie inférieure est tronconique et pourvue, au centre, d'une large porte de déchargement qui se ferme hermétiquement et dont la manœuvre est rendue très facile. Quatre serpentins sont disposés intérieurement, tapissant les parois jusqu'à la porte et un autre serpentin, dans le centre, ayant chacun son robinet extérieur, permettant de chauffer également tout le contenu au moyen de la vapeur puisée dans un collecteur extérieur en communication avec les générateurs.

Une série de lunettes allongées, disposées sur toute la hauteur de la « cuite », permet à l'ouvrier de suivre les mouvements de la

masse en ébullition, en même temps qu'il surveille les vides et les températures ; il y a, sur le côté, en bas de la chaudière, bien à portée de l'ouvrier cuiseur, une sonde pour prélever les échantillons de la masse ; elle est formée par une longue tige pourvue d'une encoche, s'enfonçant dans la masse en glissant à frottement doux dans une armature en bronze. En tirant à soi la tige de la sonde dont le bout bouche l'ouverture, le cuiseur fait sortir l'encoche hors de l'armature et y enlève au doigt le petit échantillon de la masse en cristallisation, afin de juger du degré d'avancement de la cuisson.

L'art du cuiseur consiste à former, dans un pied de cuite, des grains qu'il nourrit ensuite par l'admission périodique de nouvelles quantités de sirop, en évitant soigneusement de former de nouveaux grains, et de serrer ensuite la masse cristallisée avant de la couler.

Après avoir introduit dans la chaudière le volume de sirop formant le pied de cuite, en faisant actionner en même temps la pompe à air, le cuiseur commence l'évaporation en surveillant attentivement le vide, la température de la masse et la pression de la vapeur. L'ouvrier se rend compte de la concentration par l'épreuve à la sonde en écrasant la goutte de sirop entre le pouce et l'index et en écartant vivement les doigts : un fil se forme, qui se casse avec ou sans crochet. A un moment donné, la masse devient suffisamment laiteuse, le grain est formé, l'épreuve à la sonde indique le crochet léger.



APPAREIL ÉVAPORATOIRE KESTNER A QUADRUPLE EFFET POUR LA CONCENTRATION DES JUS

Les trois premières caisses (1, 2, 3) sont à grimpage et la dernière à descendage. A droite, est un réchauffeur alimenté par les vapeurs du corps 4 avant leur entrée au condenseur et servant à réchauffer le liquide avant son admission dans la première caisse.

La masse-cuite passe dans des malaxeurs demi-cylindriques où, rendue plus fluide par l'addition d'un peu d'égout de turbinage, elle est constamment remuée par les palettes d'un arbre horizontal tournant lentement ; elle y séjourne quelques heures, durant lesquelles la température de la masse descend très lentement de 85° à 40° centigrades.

Il y a lieu d'ajouter que, depuis quelque temps, on a pris l'habitude en sucrerie d'introduire dans la cuite du premier jet une partie importante des égouts (riches ou pauvres) de turbinage d'une précédente cuite, afin de les dessucrer.

La cuite des bas produits, d'autre part, est effectuée dans un appareil *ad hoc* du même genre que la cuite du premier jet, mais ayant des dimensions plus réduites. Ces égouts sont toutefois cuits simplement au filet, sans grainer ; on les coule dans les bacs d'emplis, où ils se cristallisent au bout d'un temps plus ou moins long, suivant leurs puretés respectives.

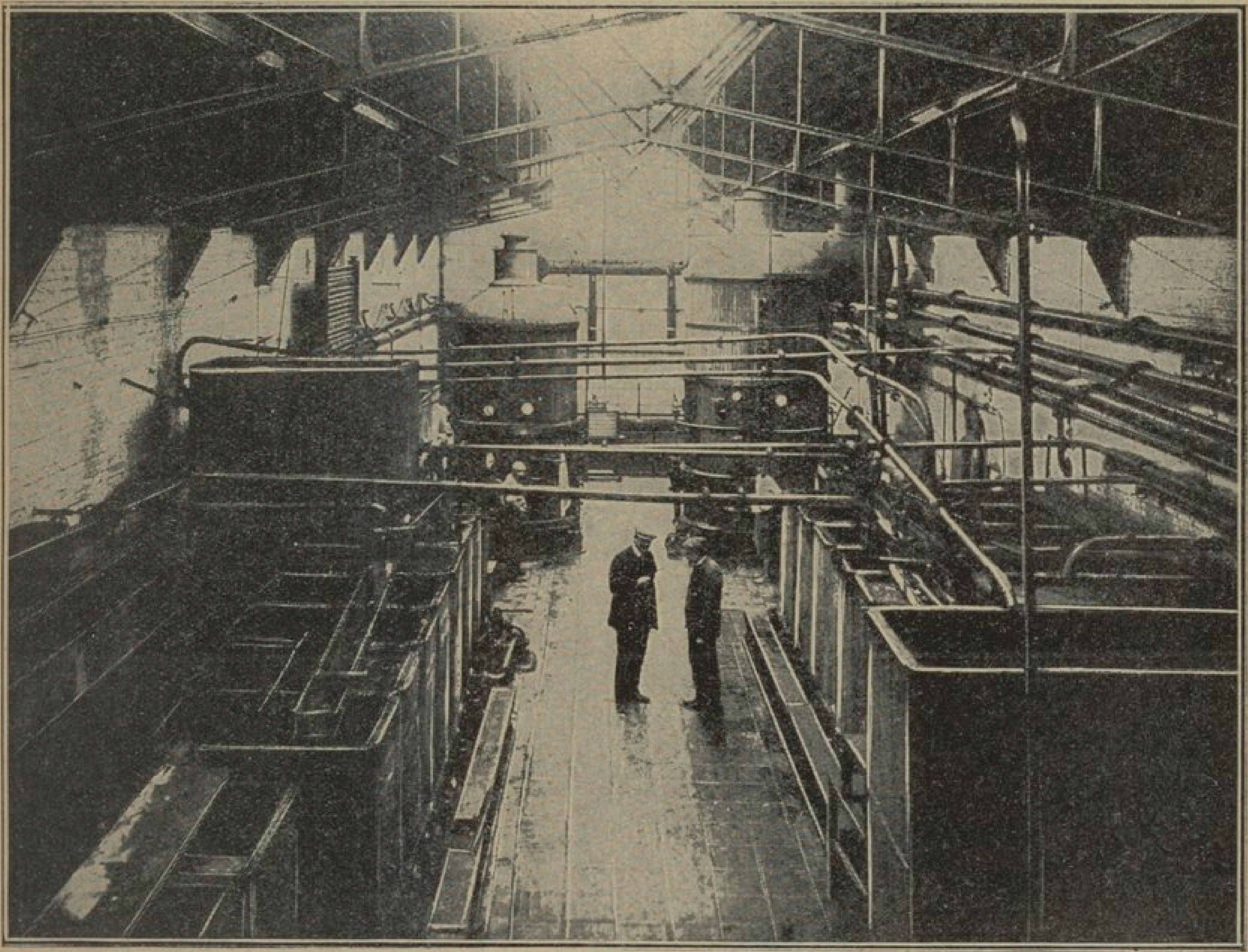
La séparation des cristaux de sucre de leurs eaux-mères se fait généralement par essorage, suivi ou non de clairçage, selon qu'on produit des sucres blancs ou roux.

L'essoreuse employée en sucrerie, appelée turbine, se compose essentiellement d'une cuve en fonte surmontée d'une arcade de même métal, dans l'axe de laquelle est fixée, dans une crapaudine en bronze, à la partie inférieure, une tige en fer supportant un panier en tôle perforée, garni intérieurement d'un tissu en laiton très serré.

Le turbinage d'une masse-cuite s'opère de la manière suivante : la masse, délayée convenablement et réchauffée, est versée dans la turbine mise en marche, et l'on s'arrange pour que les chargements soient uniformes, ce qu'on réalise dans certaines usines au moyen de chargeurs-jaugeurs automatiques. Lorsque la turbine est en pleine vitesse, l'égout vert commence à s'écouler peu à peu par le bec ménagé dans la partie inférieure de la turbine, et une petite citerne, d'où une pompe

le montera vers la cuite du deuxième jet. Peu à peu, la masse perd sa couleur foncée, devenant plus claire et plus sèche ; on arrête à ce point si l'on travaille en sucres roux. Mais si l'on fabrique des sucres blancs, on continue la marche de la turbine, en y introduisant un peu de vapeur détendue qui enlève aux cristaux l'eau-mère qui les englobe et qui les blanchit. On arrête ensuite pour effectuer cette opération, plusieurs systèmes de séparateurs automatiques.

Un jaugeur-séparateur se compose d'un récipient fermé à sa partie supérieure dans lequel les égouts pauvres se déversent par la tubulure de la turbine et un tuyau, pendant que l'air s'échappe du récipient par un tuyau amovible. Dès que le niveau du liquide atteint l'extrémité inférieure du

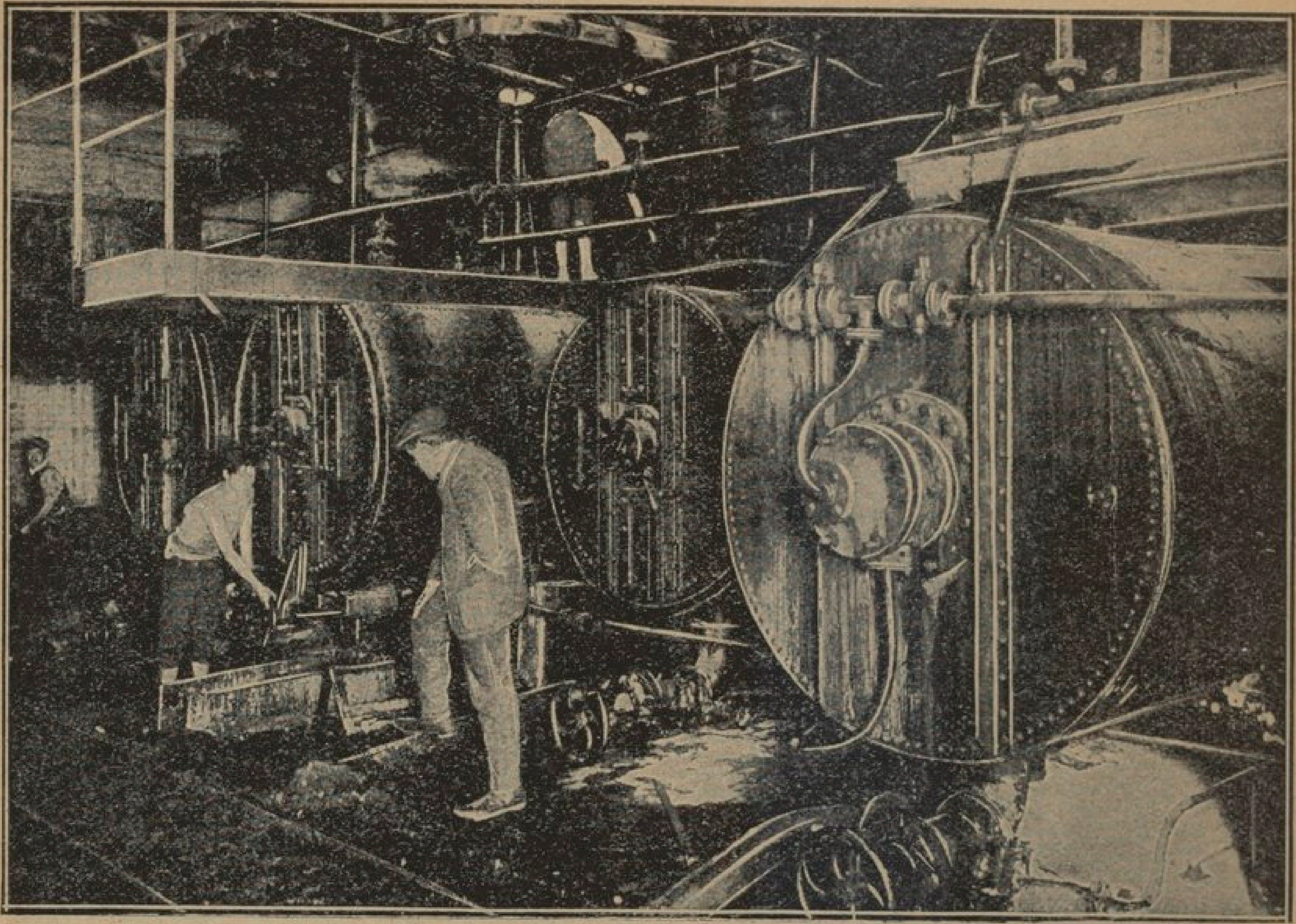


A GAUCHE, SONT INSTALLÉS LES CUISEURS DE « CLAIRES FINES » ET, A DROITE, LES CUISEURS DE SOUS-PRODUITS

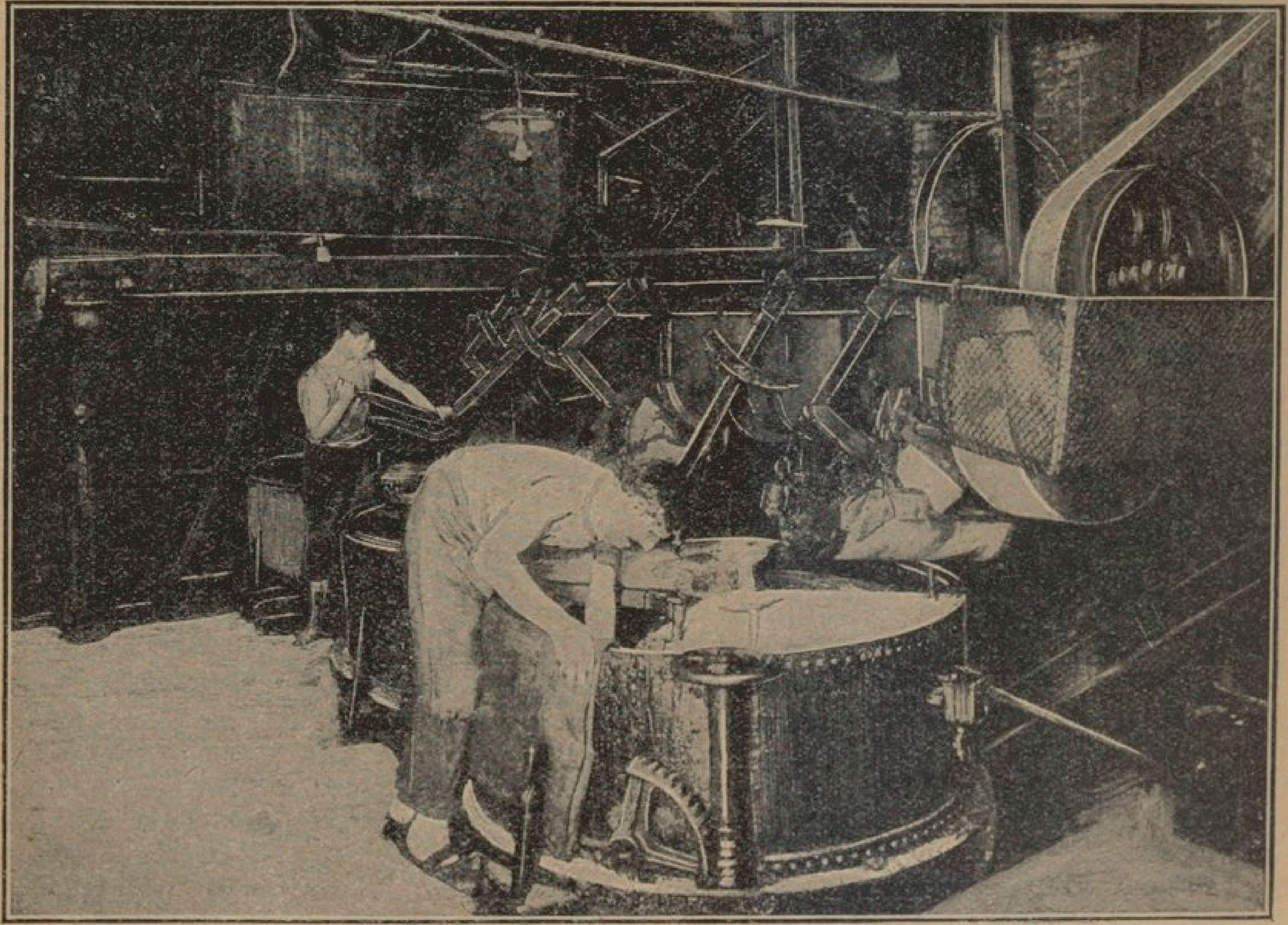
la vapeur, et l'on clairce à la fin avec de l'eau très froide dans laquelle on a délayé un peu d'égout riche. Quelquefois, on y ajoute un peu de bleu outremer pour corriger la teinte jaunâtre du sucre. On continue encore la rotation pendant quelques instants, afin de dessécher complètement le sucre, puis on arrête la turbine et l'on récolte le sucre dans des sacs pour le monter au grenier.

L'égout qui s'écoule pendant la période de clairçage est beaucoup plus pur que le premier, par suite de la dissolution inévitable d'un peu de sucre. On le nomme égout riche et on le recueille séparément dans une autre rigole, en changeant la direction d'écoulement par un artifice mécanique. Il existe, tuyau, il en résulte que l'air ne pouvant plus s'échapper, l'écoulement de l'égout pauvre dans le récipient s'arrête, et le tuyau se remplit jusqu'en haut, de sorte que les égouts venant ensuite de la turbine passent au-dessus du tuyau plein pour aller dans une gouttière à égouts riches. Le tube étant muni d'une échelle graduée en litres, on peut régler sa position de façon à déterminer la quantité d'égout pauvre devant être contenue dans le récipient et le tuyau. Après avoir arrêté la turbine, l'ouvrier ouvre la soupape du récipient au moyen d'un mécanisme à levier d'un maniement très facile, et les égouts pauvres s'écoulent dans la gouttière.

L'utilisation de l'égout riche se fait de



APPAREILS SERVANT AU MALAXAGE DES BAS-PRODUITS DU SUCRE

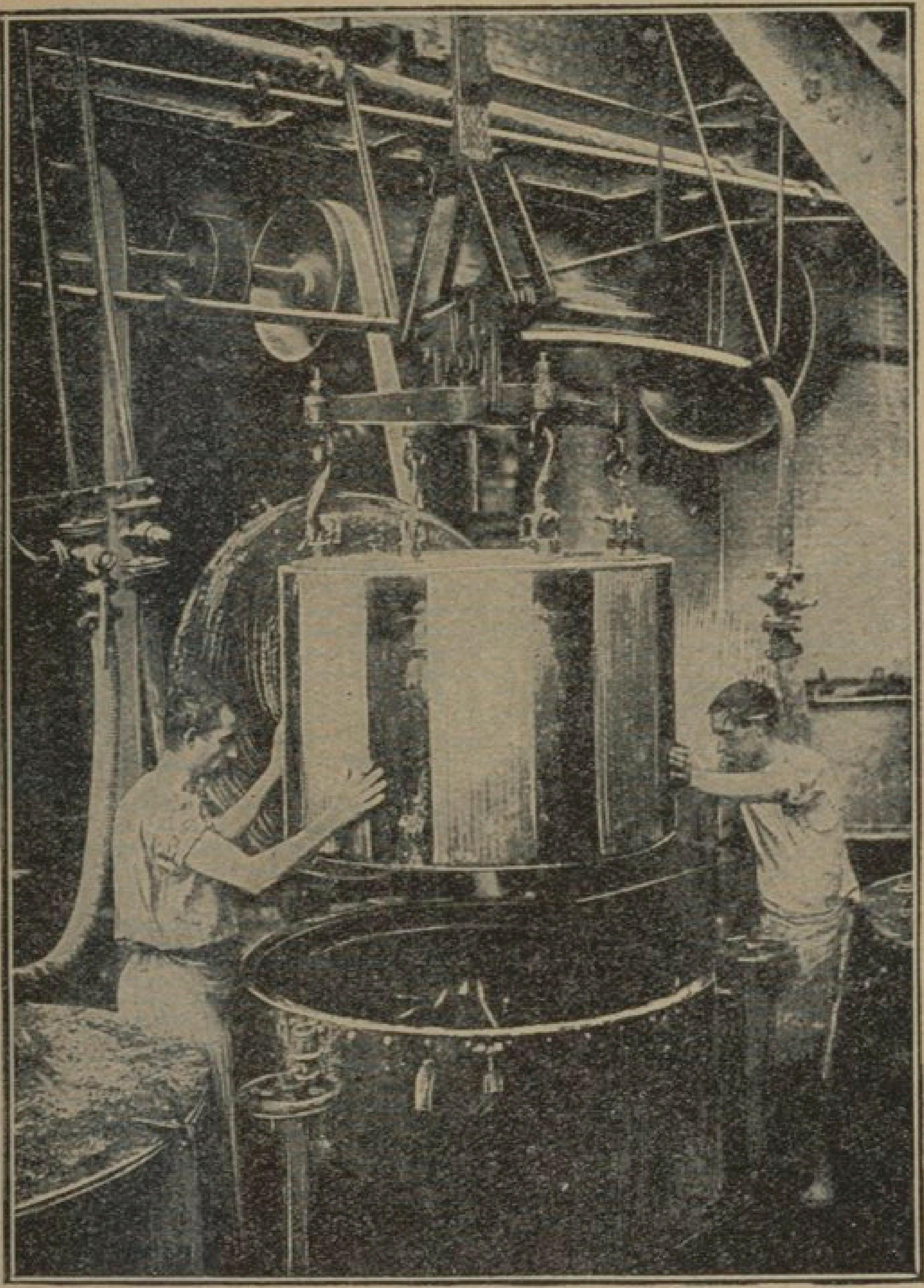


L'EXTRACTION DU SUCRE DES BAS-PRODUITS SE FAIT AU MOYEN DE CES TURBINES

différentes manières, suivant le produit qu'on livre au commerce. Après l'écoulement du sirop vert, on clairce dans la turbine avec de l'égout riche de l'opération précédente, avant d'y donner la dernière « clairce à la vapeur ». Ces deux clairces sont soigneusement séparées ; l'égout de la dernière clairce devient la première clairce de la turbine suivante et l'égout de celle-ci est repris dans le travail de l'usine, soit dans la cuite du premier jet, soit à la seconde carbonatation, pour y subir un supplément d'épuration chimique et mécanique. Le sucre turbiné est monté au grenier où il est mélangé, tamisé et ensaché, soit à la main, soit par procédé mécanique.

Il est alors prêt pour l'expédition en raffinerie. Les sucres blancs cristallisés sont quelquefois consommés directement ou utilisés dans diverses industries alimentaires : biscuiteries, confiseries, etc...

L'égout pauvre de turbinage est cuit au filet, et la masse cuite est coulée dans de grands bacs placés dans des locaux chauffés, dans lesquels elle cristallise. La masse cristallisée est turbinée en sucre roux et l'égout du deuxième jet est quelquefois encore recuit en troisième jet, s'il est assez riche pour cristalliser, et turbiné également en roux, en fournissant un *égout final* qui ne cristallise plus directement, auquel on donne le nom de *mélasse*, et qui est livré au commerce pour divers usages industriels et agricoles.



DESCENTE D'UN MOULE DANS UNE TURBINE

Chaque moule plein de masse cuite est introduit au moyen d'une grue à l'intérieur d'une turbine. Entre la surface intérieure du moule et le noyau est aménagé un espace vide annulaire qui communique avec le bac de clairçage.

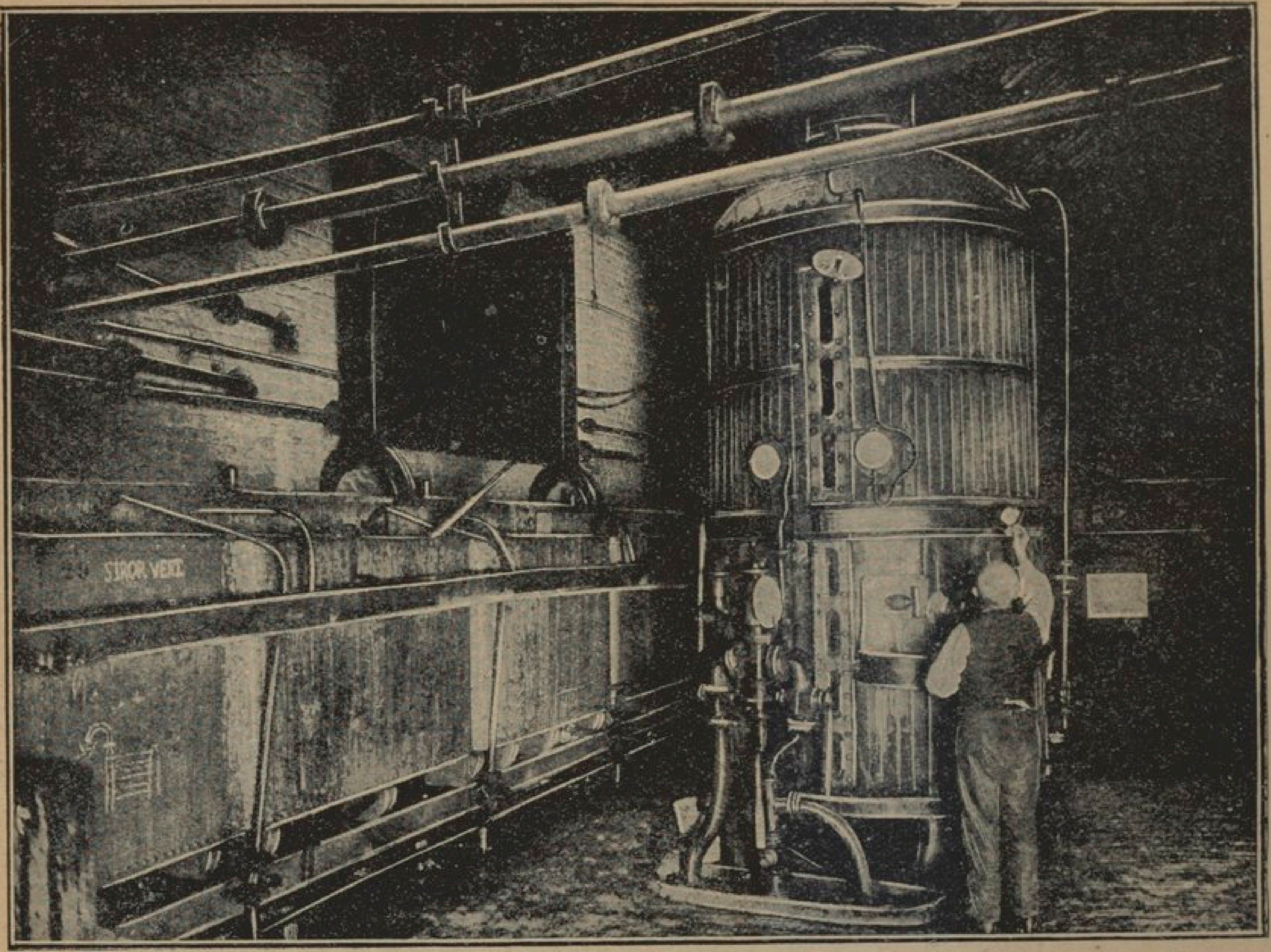
Les sucreries, placées habituellement dans les centres de leurs approvisionnements en betteraves, ne produisent que rarement un sucre achevé propre à la consommation. Les sucres bruts sont dirigés sur d'autres usines, les *raffineries*, placées dans les centres de consommation pour y être transformés en sucre raffiné sous forme de pains ou de tablettes.

Les matières premières des raffineries sont de différentes qualités : sucres blancs cristallisés, sucres roux de haut titrage ou bas produits de couleur plus ou moins foncée et de très bas titrage.

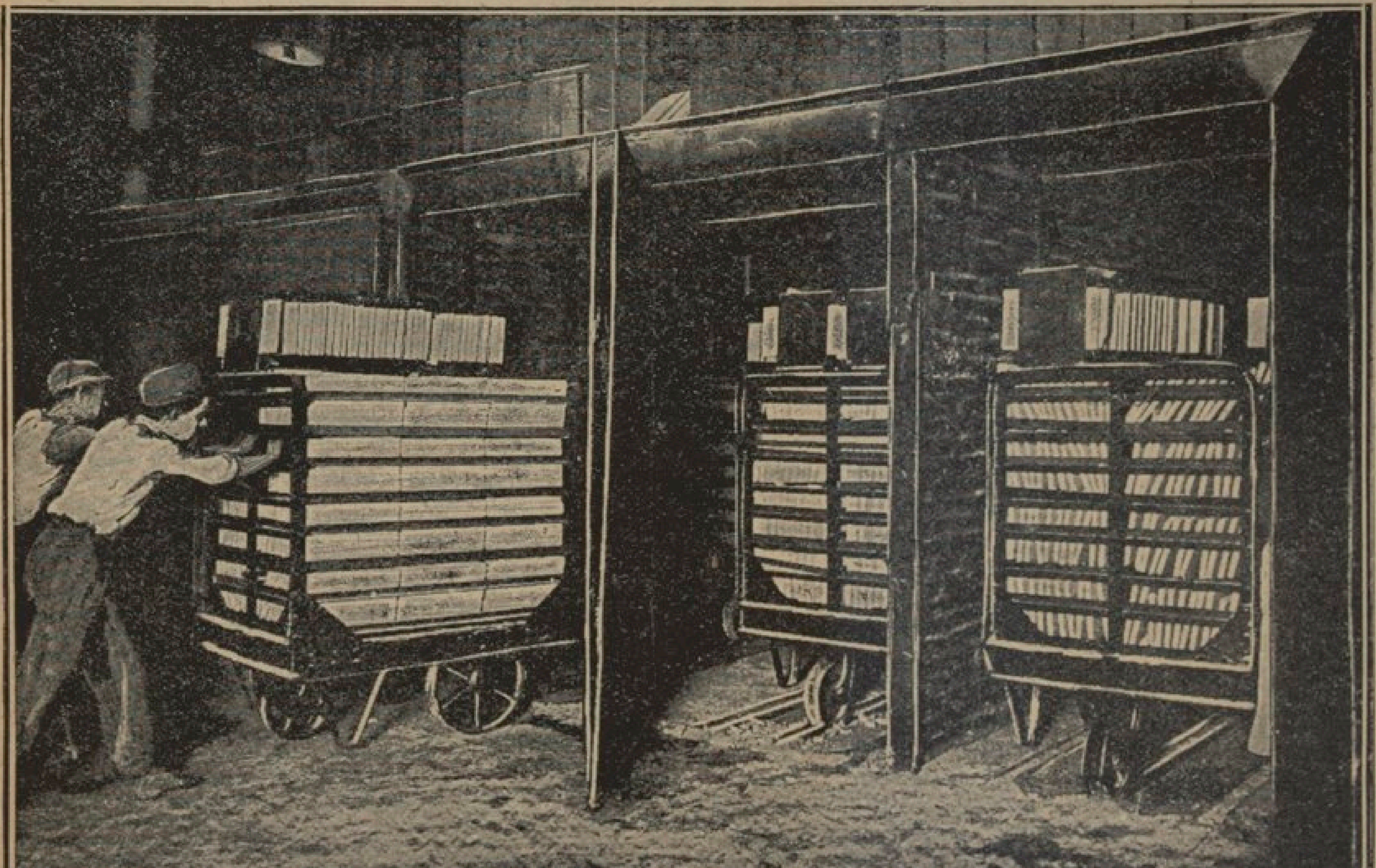
Les sucres cristallisés blancs sont envoyés directement à la fonte ; les sucres roux sont d'abord délayés avec une solution d'égouts riches, turbinés et claircés à l'eau ou à la vapeur, avant d'être envoyés à la fonte.

La séparation des égouts par le vide donne un rendement en premier jet plus élevé, des sirops plus épuisés que le turbinage, mais l'affinage est moins parfait.

La fonte des sucres bruts affinés est effectuée ordinairement dans une chaudière à double fond munie d'un malaxeur. On y ajoute de l'eau de manière à former un sirop d'environ 37-38° Baumé, qu'on additionne d'un peu de noir animal fin et d'un peu de sang de bœuf, et qu'on porte à l'ébullition ; il s'y forme une mousse provenant de la coagulation de l'albumine, entraînant toutes les



CUISSON DES SUCRES RAFFINÉS DANS DE VASTES CHAUDIÈRES EN CUIVRE

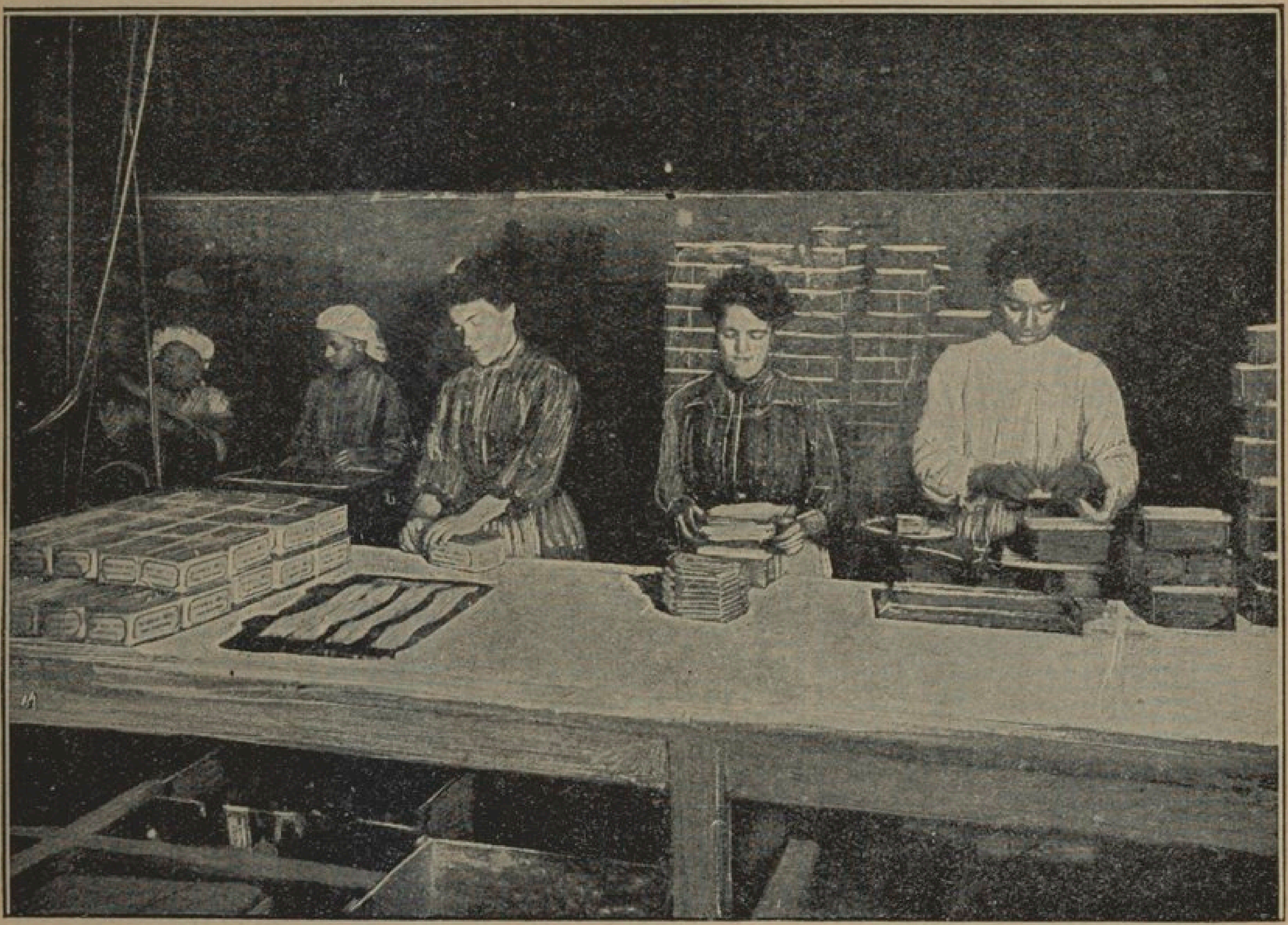


MISE A L'ÉTUVE, AU MOYEN DE CHARIOTS, DES TABLETTES DE SUCRE RAFFINÉ

matières solides en suspension. On filtre le sirop trouble au moyen de poches en toile qui retiennent les boues qu'on utilise comme engrais phosphaté et azoté, tandis que le sirop, limpide et coloré, est envoyé sur des filtres cylindriques remplis de noir animal en grains, pour être décoloré entièrement. Le sirop clair est ensuite cuit en grains dans des chaudières en cuivre, et la masse cuite contenant des grains, fins et réguliers, est versée dans des formes coniques dites *pains*, où elle est refroidie et purgée. Les formes sont placées, avec leurs pointes en bas, sur des supports particuliers, appelés *lits de pains;* le sirop vert s'écoule par l'orifice de la pointe et est recueilli dans la nochère placée en dessous, d'où il sera extrait pour être recuit en second jet. L'ouvrier casse avec un couteau la croûte qui s'est formée sur la base du pain et y verse un peu de clairce formée par la dissolution des déchets de raffiné.

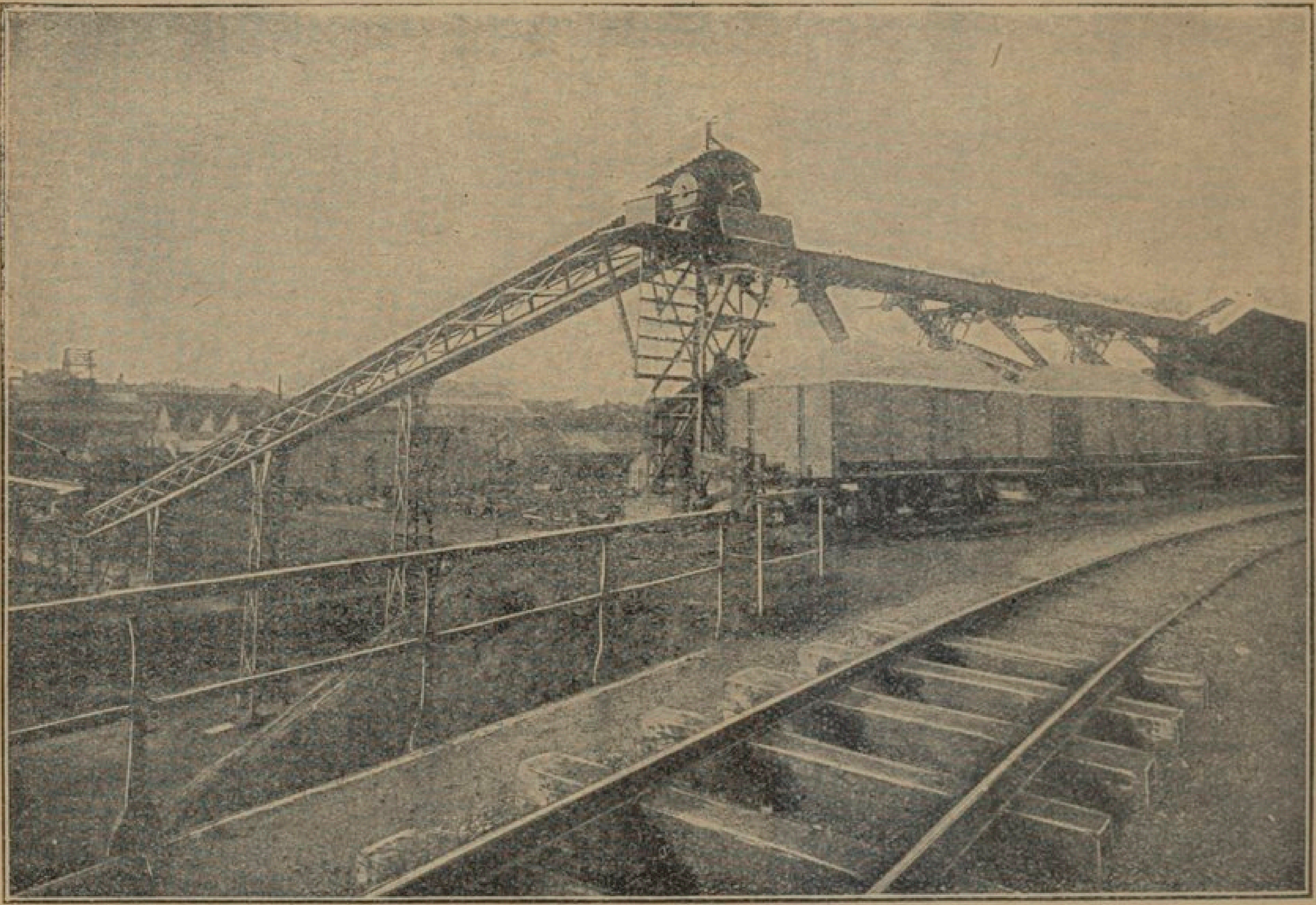
Le travail des pains, très long, présente l'inconvénient de donner au cassage beaucoup de déchets. Aussi ce mode de travail tend à être remplacé presque entièrement par le système des tablettes, qui consiste à couler la masse cuite dans des moules de forme convenable qu'on place ensuite dans une turbine pour y effectuer les diverses opérations de clairçage et extraction des égouts. Les moules et leur contenu sont desséchés à l'étuve, et les tablettes sont ensuite débitées en morceaux réguliers de dimensions parfois assez variables.

Lorsque le travail commence, on rassemble tous les moules — chaque moule consiste en une couronne circulaire divisée en parties égales et portant quatre coins fixes triangulaires de même hauteur que le moule. Entre les coins fixes, on introduit quatre coins « de forme », mais mobiles, de manière qu'on obtienne ainsi huit segments dans chacun desquels on dispose des plaques de tôle droites légèrement inclinées par rapport au rayon du moule. Enfin, on fixe un couvercle par-dessus. Le moule ainsi disposé représente un cylindre creux, divisé en huit parties dont chacune comprend ordinairement dix-sept cloisons formant seize plaquettes. La partie intérieure, creuse, du cylindre est libre et ne contient même pas d'axe ni de crochet. Les cloisons sont de même hauteur que les coins, et, dans ce cas, les plaquettes ont la même hauteur ; ou bien encore, on partage la hauteur en deux ou trois parties par une ou deux bandelettes



PESÉE DES BOITES DE SUCRE DE 1 KILOGRAMME ET COLLAGE DE LEUR BANDE

de tôle faisant corps avec la cloison, et laissant un espace suffisant avec la cloison voisine pour permettre à la masse cuite fluide de passer facilement. Le couvercle possède pour chacun des huit segments une ouverture sur laquelle on peut visser un petit entonnoir. Lorsque le moule est disposé de la manière que nous venons de décrire, on l'enlève au moyen d'une grue hydraulique et on le place dans le lorry d'empli. Ce wagonnet comme dans le travail des pains, pour troubler la cristallisation et évacuer les bulles d'air. Après refroidissement complet, les huit entonnoirs sont retirés et les ouvertures supérieures fermées par des tôles fortes ; puis, au moyen d'air comprimé, on loche le moule des parois. Le bloc de masse cuite, encore muni de ses cloisons, est enlevé au moyen de la grue. Le bloc, gratté ensuite circulairement, est prêt pour le turbinage.



ÉLÉVATEUR POUR LA MISE EN WAGONS DES PULPES DE BETTERAVES

Ces pulpes, qui sortent des filtres-presses, sont vendues par les sucreries aux cultivateurs pour la nourriture des bestiaux et plus spécialement des bœufs.

consiste en deux parois de tôle concentriques de même dimension extérieure que le tambour de la turbine. Le fond est fermé. Le moule est introduit au moyen de la grue dans l'espace annulaire et lorsqu'il y est disposé, il ne reste plus qu'un millimètre de jeu.

Les wagons d'empli, en nombre suffisant, sont amenés sous la cuite serrée à 10 % d'eau et ayant 98° de température. La cuite est introduite rapidement, par un dispositif de remplissage, de façon égale, dans les huit entonnoirs et remplit les tambours. L'air ne s'échappe pas par les entonnoirs, mais par le jeu laissé par les deux parois en tôle. Les moules pleins sont abandonnés douze à seize heures au refroidissement. Au commencement, on y astrique la surface de la masse,

Le moule plein est alors introduit au moyen de la grue dans la turbine d'où on le sort pour envoyer les plaquettes de sucre à l'étuve, où elles restent de 10 à 15 heures.

100 kilos de masse-cuite donnent environ 70 à 72 % de plaquettes humides à 2 % d'eau ou 69 à 71 % de plaquettes sèches. 100 kilos de plaquettes sèches fournissent environ 84 kilos de rangés, 3 kilos d'irréguliers, 5 kilos de déchets et 8 kilos de poudre de lingotage, chiffres qui varient légèrement suivant les numéros fabriqués. Un contrôle chimique dirige la fabrication du sucre.

Germain de Valbon.

Je tiens à exprimer ma vive gratitude à M. Siderski, qui a bien voulu m'autoriser à puiser dans ses ouvrages, devenus classiques, sur l'Industrie du sucre une documentation particulièrement précieuse.

LA TORPILLE-CANON CLELAND DAVIS

Pour parer au grave danger de la torpille, on a muni les grands navires cuirassés, récemment construits, de dispositifs tels que : le compartimentage poussé à l'extrême, le double fond complet, et même la triple coque, comme dans les nouveaux monitors anglais et les derniers cuirassés allemands, en laissant un très large espace (plusieurs mètres) entre chacune d'elles. Cela, joint au filet à mailles d'acier qui, dans beaucoup de marines, entoure le bâtiment comme une vaste crinoline, assure à celui-ci une sécurité au moins relative.

Mais voici un engin qui va peut-être rendre illusoires toutes ces coûteuses précautions.

C'est une torpille spéciale de 455 m/m de diamètre, inventée par un officier de la marine américaine. M. Cleland Davis, Elle est semblable à la torpille automobile ordinaire, avec cette différence toutefois que la charge de fulmi-coton est remplacée par un tube de canon rayé, lequel lance un projectile à grande capacité intérieure (c'est-à-dire contenant une forte charge d'explosif) quand l'engin, parti d'un navire de la façon connue de tous, arrive au contact du bâtiment qu'il s'agit de détruire.

Tant que la torpille n'a pas quitté le tube, une petite hélice, placée à l'avant, bloque la tringle qui est destinée à actionner la détente du canon. Cette tringle est, en outre, maintenue en place par un ressort de sûreté convenablement disposé, et l'arbre fileté portant l'hélice est vissé à son extrémité.

Quand ladite hélice a tourné un certain nombre de tours (sous l'action de l'eau après que l'engin a été lancé), elle s'est suffisamment déplacée vers l'avant (par suite du dévissage de l'arbre) pour que la tringle puisse reculer jusqu'à la détente du percuteur du canon ; mais elle en est empêchée à ce moment par le ressort de sûreté, qui lui interdit tout déplacement.

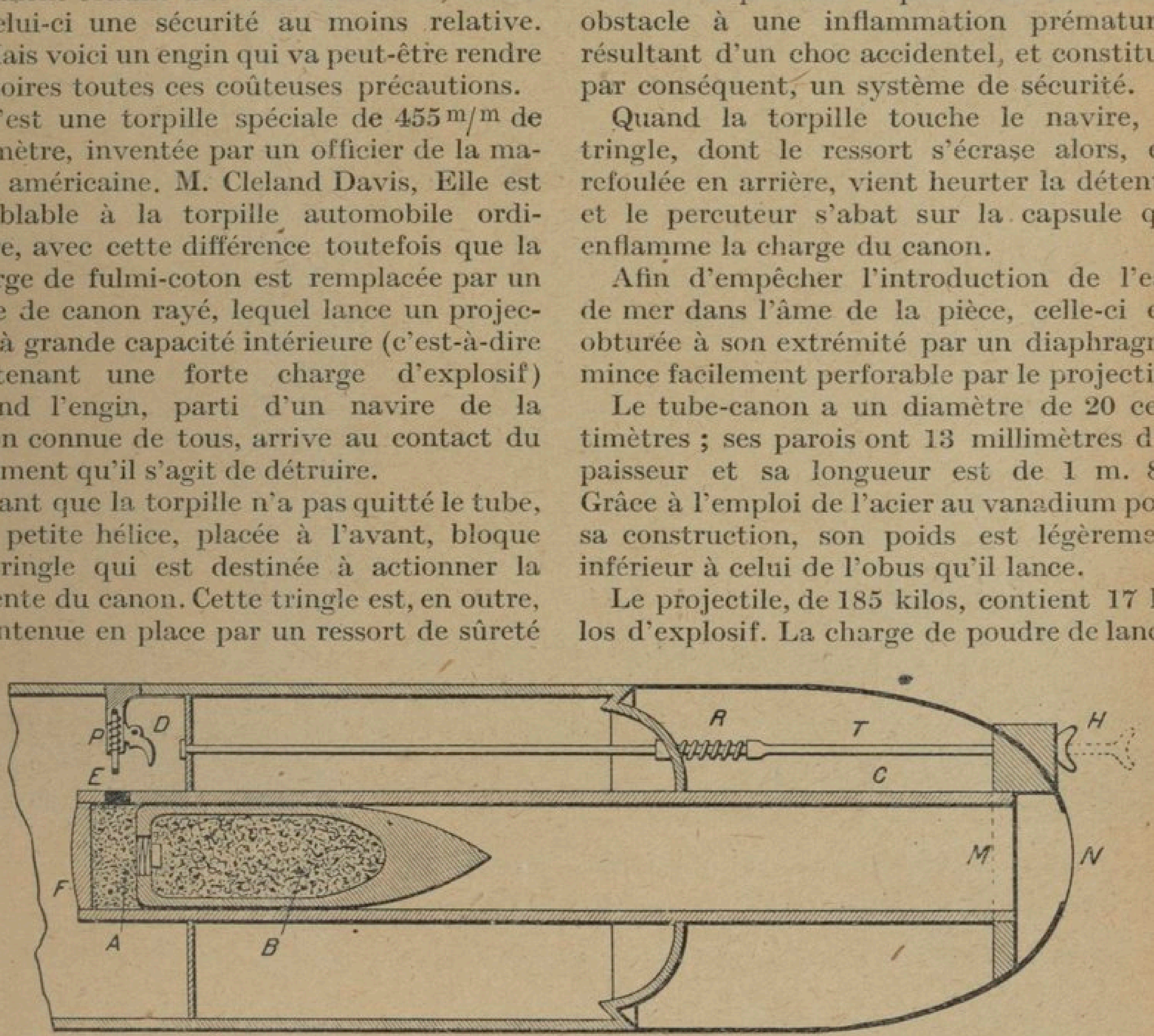
Cette disposition a pour but de mettre obstacle à une inflammation prématurée résultant d'un choc accidentel, et constitue, par conséquent, un système de sécurité.

Quand la torpille touche le navire, la tringle, dont le ressort s'écrase alors, est refoulée en arrière, vient heurter la détente, et le percuteur s'abat sur la capsule qui enflamme la charge du canon.

Afin d'empêcher l'introduction de l'eau de mer dans l'âme de la pièce, celle-ci est obturée à son extrémité par un diaphragme mince facilement perforable par le projectile.

Le tube-canon a un diamètre de 20 centimètres ; ses parois ont 13 millimètres d'épaisseur et sa longueur est de 1 m. 80. Grâce à l'emploi de l'acier au vanadium pour sa construction, son poids est légèrement inférieur à celui de l'obus qu'il lance.

Le projectile, de 185 kilos, contient 17 kilos d'explosif. La charge de poudre de lance-



COUPE LONGITUDINALE DE LA PARTIE AVANT DE LA TORPILLE DAVIS

A, *charge de poudre du tube-canon pour le lancement de l'obus ;* B, *charge d'explosif de l'obus ;* C, *tube-canon ;* D, *gâchette ;* E, *amorce et lumière ;* F, *culasse ;* H, *petite hélice du système de sûreté. (Son arbre, qui est fileté, pénètre jusqu'à une certaine profondeur dans la tige* T, *qui est creuse et porte intérieurement un pas de vis correspondant. Quand la torpille est lancée, la résistance de l'eau fait tourner l'hélice en un sens tel que son arbre, qui est vissé à fond, se dévisse. L'un et l'autre viennent alors prendre la position indiquée en pointillé, de sorte que la tige* T *pourra dès lors être repoussée en arrière de toute cette longueur faisant saillie quand l'engin viendra heurter le flanc du navire).* M, *bouche du tube-canon, fermée normalement par une mince cloison en celluloïd pour empêcher l'entrée de l'eau ;* N, *orifice à l'avant pour le passage de l'obus ;* P, *percuteur et son ressort (il est représenté armé) ;* R, *ressort maintenant la tige* T *en position normale ;* T, *tige actionnant le percuteur en frappant sur la gâchette* D *quand sa partie avant (la petite hélice) en saillie sur la torpille, heurte le navire.*

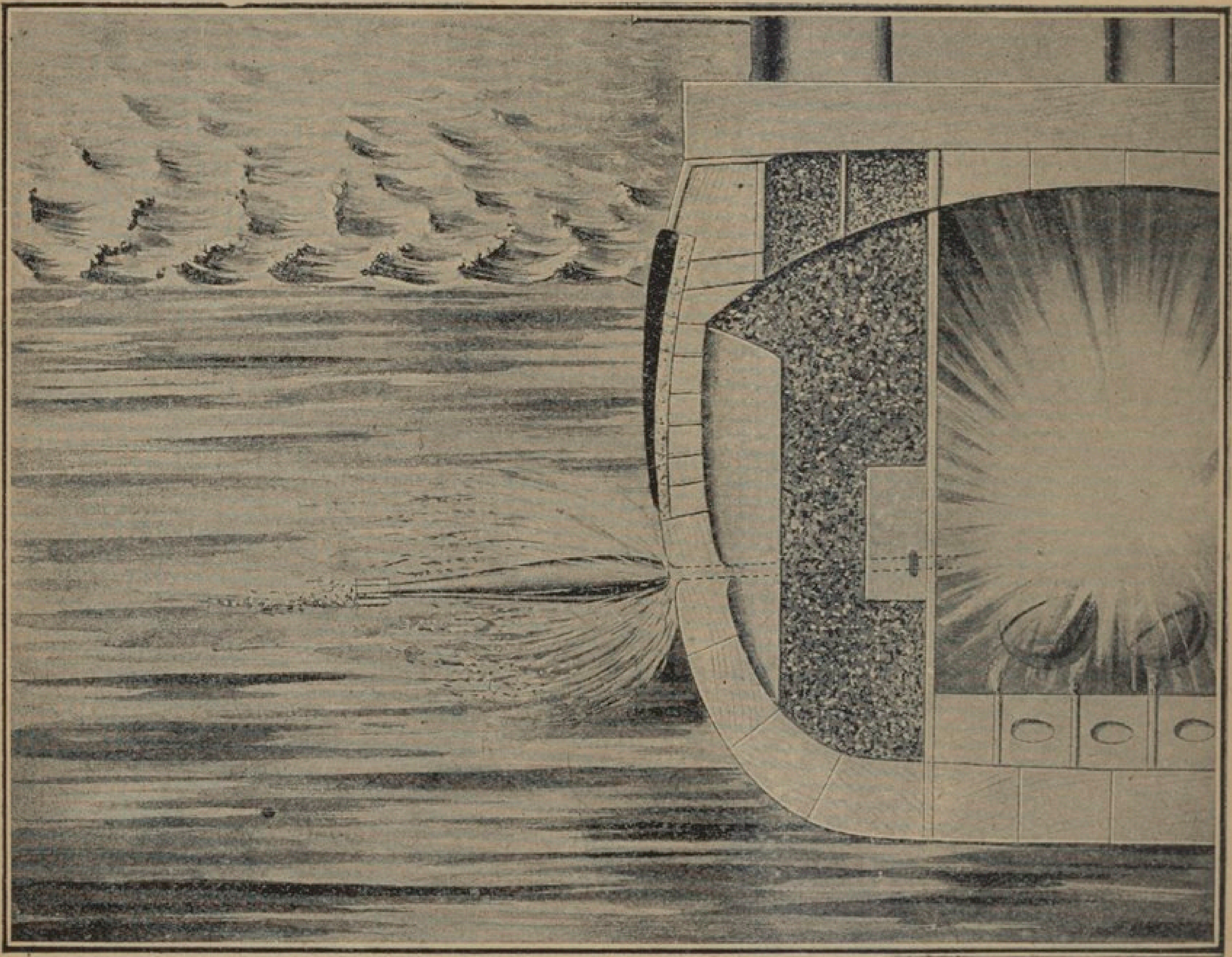
ment, qui pèse 5 kilos, donne une vitesse initiale de 290 mètres par seconde. La portée de l'engin serait donc assez faible, mais il faut considérer que la torpille vient placer le canon à bout portant contre le navire. Si on augmentait la charge de poudre, il faudrait augmenter aussi l'épaisseur des parois de la pièce, et, par conséquent, son poids,

D'après son inventeur, la torpille Davis, même arrêtée par un filet pare-torpille, est capable, malgré sa faible charge, de lancer son projectile avec une vitesse suffisante pour qu'il puisse traverser une double ou même une triple coque (au-dessous de la ceinture cuirassée, bien entendu), perforer les cloisons étanches et aller éclater ensuite au niveau d'une partie vitale du navire, chaudières, machines, soute à munitions, etc.

Des expériences officielles furent faites avant la guerre aux Etats-Unis, dans la baie de Chesapeake. On utilisait comme cible un caisson représentant la coque d'un navire; il était sans protection sous-marine d'un côté, mais il portait, de l'autre, une cuirasse de 76 millimètres ; il était muni en outre de deux cloisons intérieures en acier au vanadium ayant chacune 22 m/m d'épaisseur.

Le premier projectile tiré sur la paroi non protégée traversa celle-ci, les deux cloisons intérieures et la paroi cuirassée, mais au-dessous de la cuirasse elle-même. Il n'éclata qu'après avoir traversé la dernière paroi et non dans l'intérieur du caisson, par suite d'un défaut dans le système de mise de feu. Le second projectile fut tiré de l'autre côté de la coque, sur la cuirasse de 76 millimètres ; il ne la traversa pas et éclata, mais la cuirasse fut brisée. Le caisson-cible coula ensuite par la voie d'eau qui se déclara.

Le résultat, en somme, démontra d'une façon certaine qu'une cuirasse de 50 millimètres ne suffit pas pour protéger un navire contre une torpille-canon Davis munie d'un tube-canon de 200 millimètres de diamètre.



COUPE VERTICALE DU NAVIRE ATTAQUÉ PAR LA TORPILLE DAVIS

La torpille, arrivant avec vitesse, lance son obus en touchant le navire ; le projectile traverse la coque au-dessous de la cuirasse, puis deux ou trois cloisons intérieures et va faire explosion dans la chaufferie, qui est une des parties vitales du bâtiment. Avec une pareille blessure, celui-ci est hors d'usage.

ON PEUT, SANS ÊTRE ÉLECTRICIEN, POSER SOI-MÊME DES SONNERIES

Par G. GERMOND

INGÉNIEUR ÉLECTRICIEN

Chaque jour, l'ingéniosité des techniciens parvient à plier l'électricité à une exigence nouvelle de notre existence familière. Et la simplicité de maniement des appareils électriques qu'ils combinent est telle qu'elle finit par nous faire oublier la complexité souvent très grande des phénomènes qu'ils mettent en jeu. A tel point qu'un article risque fort d'être trouvé banal si, dissertant sur l'électricité, il parle d'autre chose que de ses applications les plus récentes, les plus perfectionnées et aussi les plus mystérieuses, comme la télégraphie, la téléphonie et la télémécanique sans fil.

Combien d'amateurs, cependant, sont séduits par ces découvertes sensationnelles et en discutent avec quelque entendement, qui seraient bien embarrassés pour expliquer comment fonctionne une simple sonnerie électrique, ni comment ils s'y prendraient, au besoin, pour l'installer.

Beaucoup l'ont su, d'autres l'ont toujours ignoré. Pourtant, l'électricité domestique est à la portée de tout le monde ; elle n'exige que de bien faibles connaissances théoriques et permet, en revanche, à celui qui la pratique d'utiliser ses loisirs à aménager plus confortablement son *home* sans grands frais.

D'ailleurs, l'enseignement de l'électricité dans les lycées français roule presque exclusivement sur des questions purement théoriques. Jamais, ou presque jamais, les professeurs ne sont autorisés à faire une incursion dans le domaine de la pratique ; ils n'en ont d'ailleurs pas le loisir, car le temps consacré à l'étude de la physique ne permet guère d'en développer les applications autrement qu'au cours de manipulations véritablement trop brèves.

C'est pourquoi nous croyons bien faire en donnant satisfaction à un certain nombre de nos lecteurs qui nous ont demandé de leur indiquer aussi clairement que possible, et par des schémas et gravures peu compliqués, comment un profane peut lui-même installer ses sonneries électriques. Nous nous réservons de montrer plus tard comment, avec des moyens presque aussi simples, il peut en faire autant pour l'éclairage de son appartement.

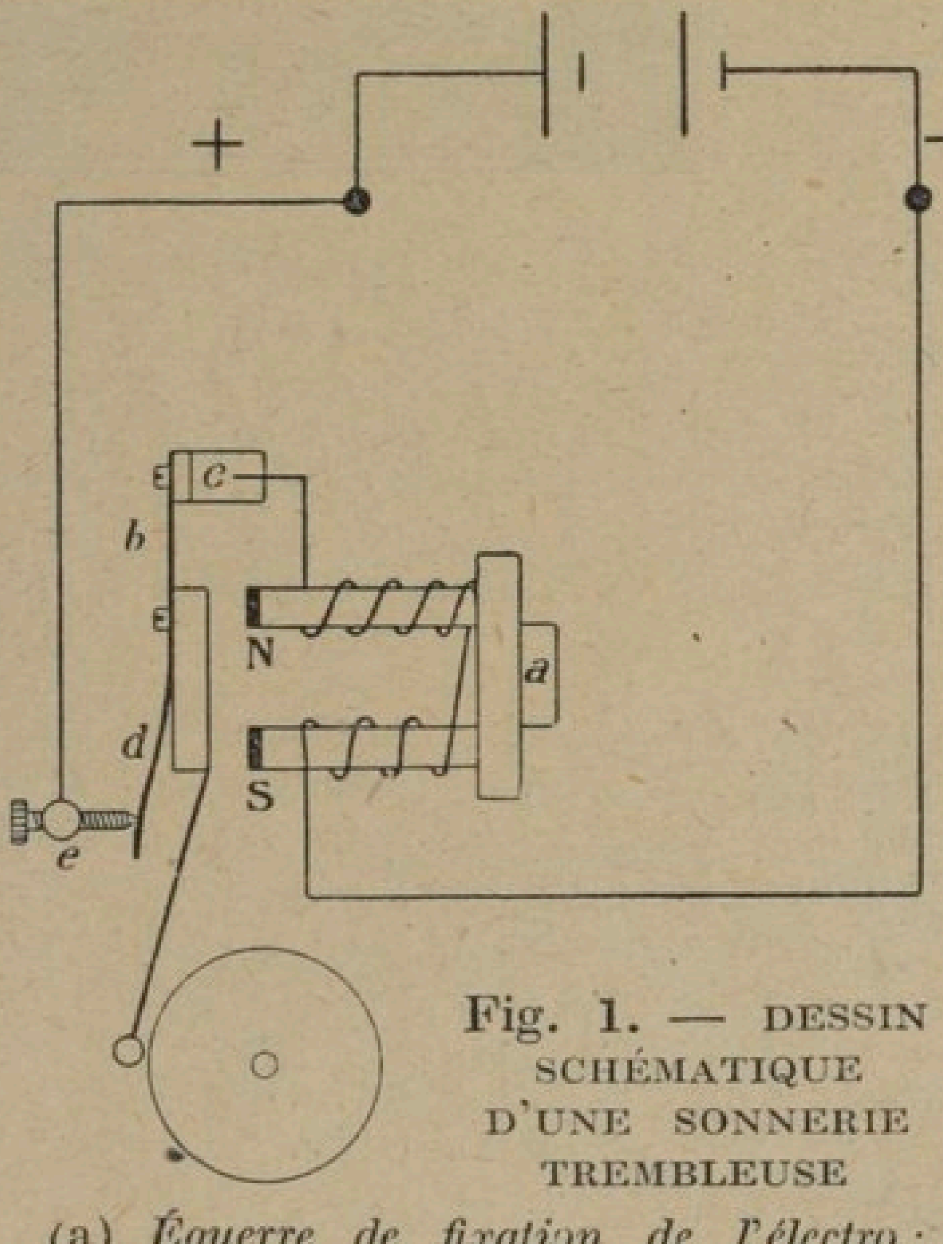


Fig. 1. — DESSIN SCHÉMATIQUE D'UNE SONNERIE TREMBLEUSE

(a) *Équerre de fixation de l'électro ;* (b) *ressort-lame ;* (c) *équerre de fixation du ressort ;* (d) *prolongement de la lame-ressort ;* (e) *vis de réglage ;* (N S) *pôles de l'électro.*

La figure 2 montre les outils à peu près indispensables dont l'amateur devra se munir pour commencer son travail. Le matériel qu'il aura ensuite à se procurer est représenté dans la figure 3. Sans vouloir le décrire en détail, nous dirons cependant quelques mots de la sonnerie trembleuse, organe essentiel de toute l'installation. Le schéma que nous donnons ci-contre, fig. 1, permettra de mieux suivre notre description. La sonnerie se compose essentiellement d'un électro-aimant qui, lorsque le courant le parcourt, attire une pièce en fer doux, appelée armature, placée en regard de ses pôles NS. Cette pièce porte une tige terminée par un petit marteau sphérique, lequel vient frapper le timbre lorsque l'armature est attirée.

Quand le courant ne passe pas, un ressort *b*, appelé ressort antagoniste, maintient la pièce en fer doux écartée des pôles de l'électro et un prolongement *d* de ce ressort vient s'appuyer sur l'extrémité d'une vis de réglage

c dont nous verrons plus loin le rôle. Le marteau est alors éloigné de 1 millimètre environ du bord extérieur du timbre.

La sonnerie possède deux bornes : l'une est reliée à la vis de réglage, la seconde à l'une des extrémités du fil enroulé sur l'électro-aimant dont l'autre extrémité est connectée à l'équerre qui supporte l'armature.

Voici maintenant comment fonctionne ordinairement une sonnerie de ce genre :

On fixe à la borne reliée à la vis de réglage le fil aboutissant, par exemple, à la borne positive de la pile (charbon) et à la borne reliée à l'enroulement de l'électro-aimant, le fil connecté à la borne négative de la pile (zinc).

Le courant traverse la vis de réglage, la lame-ressort, l'armature, le prolongement de la lame-ressort, l'équerre *c* et l'électro-aimant. Une aimantation s'étant développée dans les branches ou noyaux de l'électro, l'armature placée en regard des pôles est magnétisée par influence et attirée ; le marteau frappe le timbre.

Mais ce mouvement de l'armature a entraîné la lame-ressort ; celle-ci n'est plus en contact avec la pointe de la vis de réglage ; le courant ne passe donc plus ; par conséquent, l'aimantation des branches de l'électro disparaît et l'armature est rappelée en arrière par son ressort antagoniste. Mais, de ce fait, le contact de la lame-ressort et de la vis de réglage se trouve rétabli, d'où nouvelle attraction suivie, naturellement, d'un nouveau coup de timbre, etc.

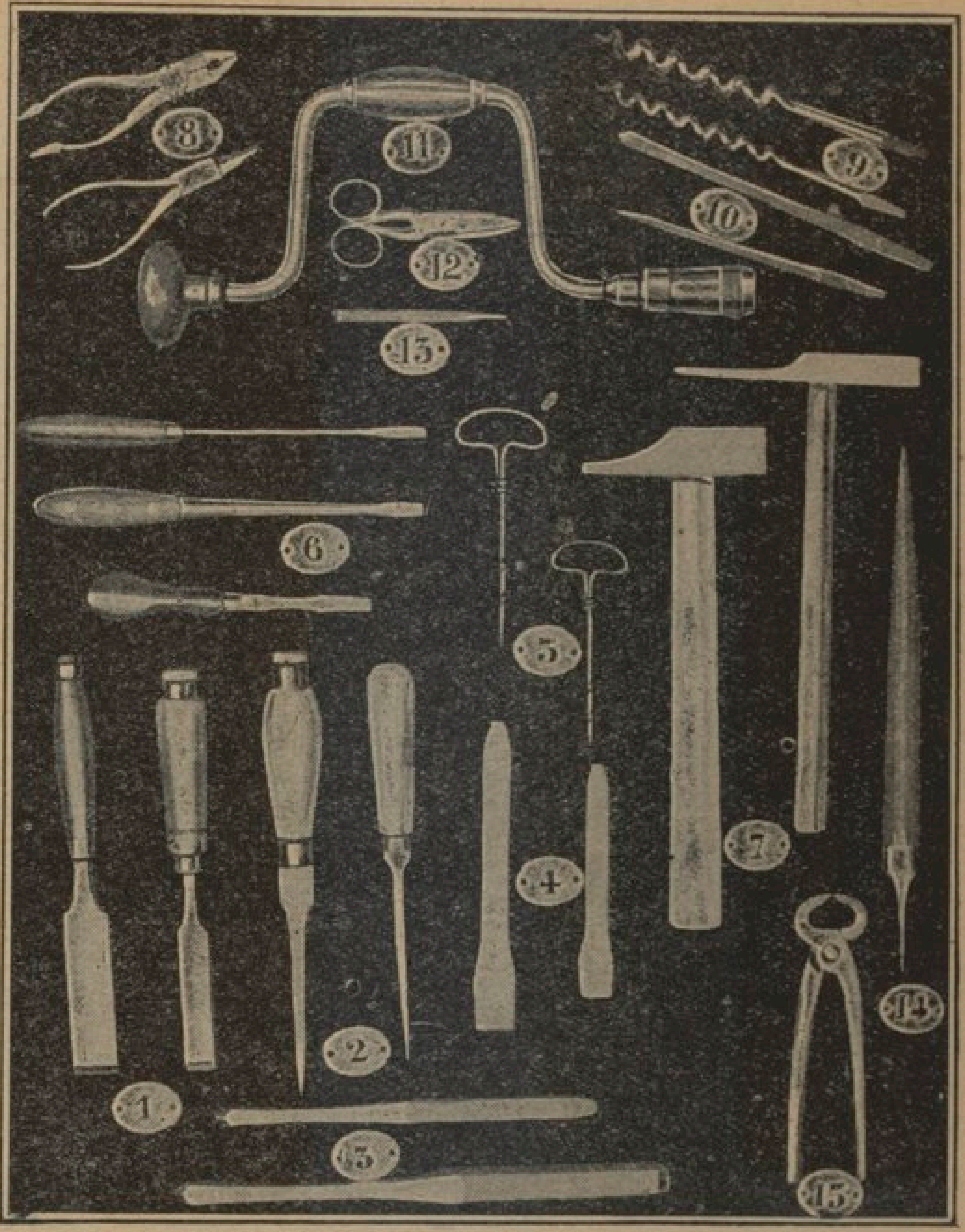


Fig. 2. — OUTILS NÉCESSAIRES POUR POSER DES SONNERIES

(1) *2 ciseaux à bois;* (2) *2 pointes carrées;* (3) *2 tamponnoirs;* (4) *2 ciseaux de fouille;* (5) *2 vrilles;* (6) *3 tournevis;* (7) *2 marteaux;* (8) *1 pince universelle et 1 pince plate;* (9) *2 mèches à bois;* (10) *2 mèches à pierre;* (11) *1 vilebrequin;* (12) *1 paire de ciseaux;* (13) *1 chasse-crochets;* (14) *1 lime demi-ronde bâtarde;* (15) *1 paire de tenailles.*

Ces alternatives de rupture et de fermeture du circuit de la sonnerie se succèdent très rapidement et donnent lieu à l'émission d'un son tremblé continu. Mais, malgré ces interruptions périodiques du courant excitateur, l'aimantation des noyaux de l'électro ne disparaît jamais complètement ; on dit que ces derniers sont le siège du *magnétisme rémanent.* Si on ne combattait pas cette persistance de l'aimantation, l'armature resterait souvent collée aux noyaux et la sonnerie cesserait de fonctionner ; pour éviter cela, on garnit l'extrémité des noyaux de l'électro-aimant d'une petite pièce de cuivre.

Pour éviter l'oxydation qui tend toujours à se produire quand une étincelle éclate à la rupture du circuit entre la pointe de la vis de réglage et l'interrupteur, les parties qui viennent en contact sont plaquées d'argent.

L'élément de pile de sonnerie (pile Leclanché) étant trop connu pour que nous entreprenions de le décrire, nous allons passer maintenant à l'installation la plus simple, celle d'une sonnerie avec un seul bouton d'appel et fonctionnant avec deux éléments de pile (fig. 6) qui est celle que l'on rencontre le plus fréquemment dans la pratique et qui, ainsi que l'on peut s'en rendre compte en examinant attentivement la figure, ne comporte que trois choses : une source de courant, un transmetteur et un récepteur reliés entre eux par les fils conducteurs.

Ce premier exemple bien compris et toujours présent à la mémoire de l'électricien amateur, celui-ci peut se mettre au travail.

On cherche, pour les fils, les passages les plus commodes et les murs ou cloisons les plus faciles à percer, de façon à éviter, autant que possible, les gros murs de meulières ou de moellons, Il est bon d'examiner, à ce moment, si les points de passage que l'on croit devoir choisir n'exposent pas à rencontrer derrière les plâtres des charpentes de fer,

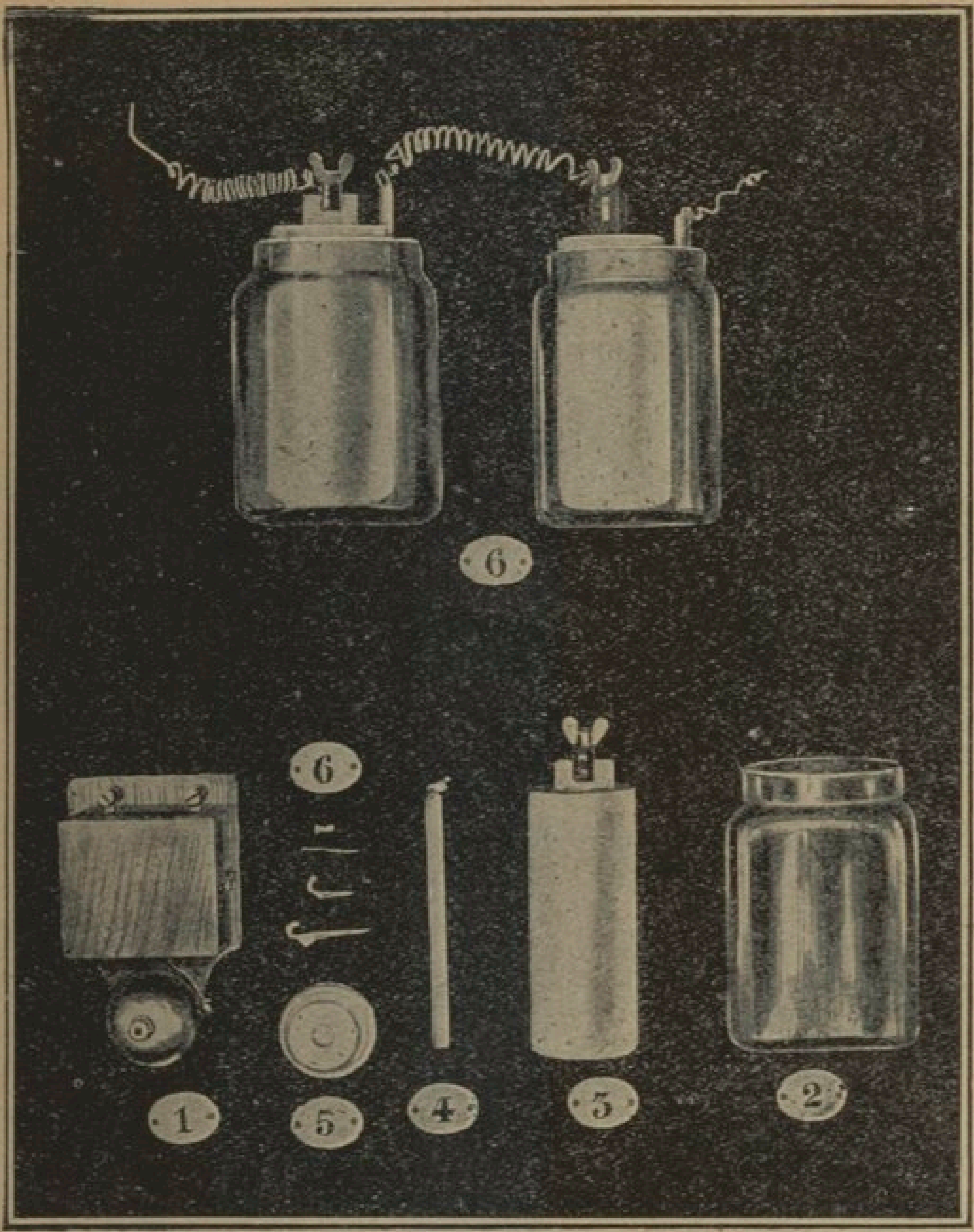


Fig. 3. — *Voici le matériel qu'il s'agit d'installer. En haut, deux éléments de pile associés en tension.*

ce qui obligerait à refaire un percement, toujours très délicat, déjà exécuté en partie.

Il est bien entendu que les renseignements que nous donnons ici ne s'adressent qu'aux amateurs et non aux professionnels qui doivent obéir à des règlements beaucoup plus sévères, comme ceux, par exemple, qui les obligeraient à garnir de tubes en cuivre ou en fer blanc tous leurs percements, souci que ne se donnera pas l'amateur, qui n'entreprendra jamais que des installations domestiques relativement peu importantes.

Quand on est gêné pour achever un percement dans un angle, on se sert de mèches en acier qui ont une longueur de 1 m. 20 et dont les diamètres varient de 6 à 25 mm. On doit commencer par les plus petites pour agrandir ensuite avec les plus fortes et l'on retire souvent la mèche du trou pour débourrer celui-ci et empêcher l'outil de s'engager à fond, ce qui l'empêcherait de tourner ; lorsque la longue mèche a bien pris sa direction, pour l'y maintenir, on enfonce à environ 50 cm du trou, une pointe qui l'empêche de se ployer trop près du percement.

Nous avons dit plus haut que nous prenions le cas d'une batterie composée de deux éléments, cela parce qu'un seul élément est presque toujours pratiquement trop faible pour actionner convenablement une sonnerie.

Ces deux éléments seront accouplés en réunissant le zinc (négatif) du n° 1 au charbon (positif) du n° 2 ; il restera ainsi deux fils disponibles, un positif et un négatif, c'est-à-dire un zinc et un charbon. Ces éléments sont réunis en tension (fig. 3).

Nous indiquons dans nos schemas les cas les plus fréquents, qui ne diffèrent d'ailleurs que par les positions variées qu'occupent par rapport les uns aux autres la pile, la sonnerie et le bouton. Si simple que soit une installation, il est indispensable, pour celui qui se propose de la faire, d'avoir sous les yeux l'ensemble du plan à suivre et même, si l'on n'est pas très habitué à ce genre de travaux, on le tracera sur le papier, tout en s'accoutumant peu à peu à suivre dans sa tête toute l'installation. Il est dangereux de passer à l'exécution avant de bien savoir ce que l'on doit faire.

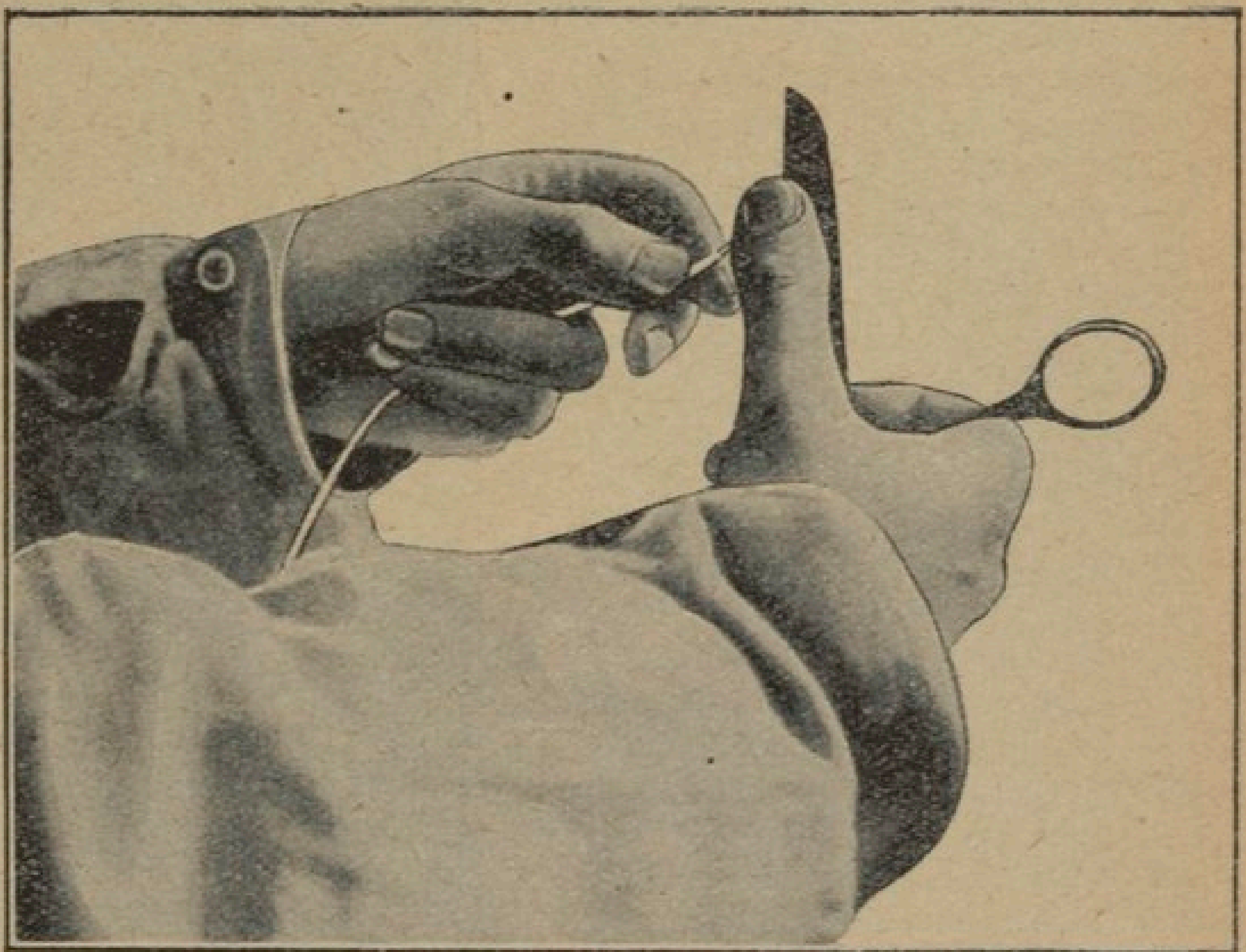


Fig. 4. — *Avec ses ciseaux, l'amateur dénude le fil de cuivre en coupant ses enveloppes isolantes.*

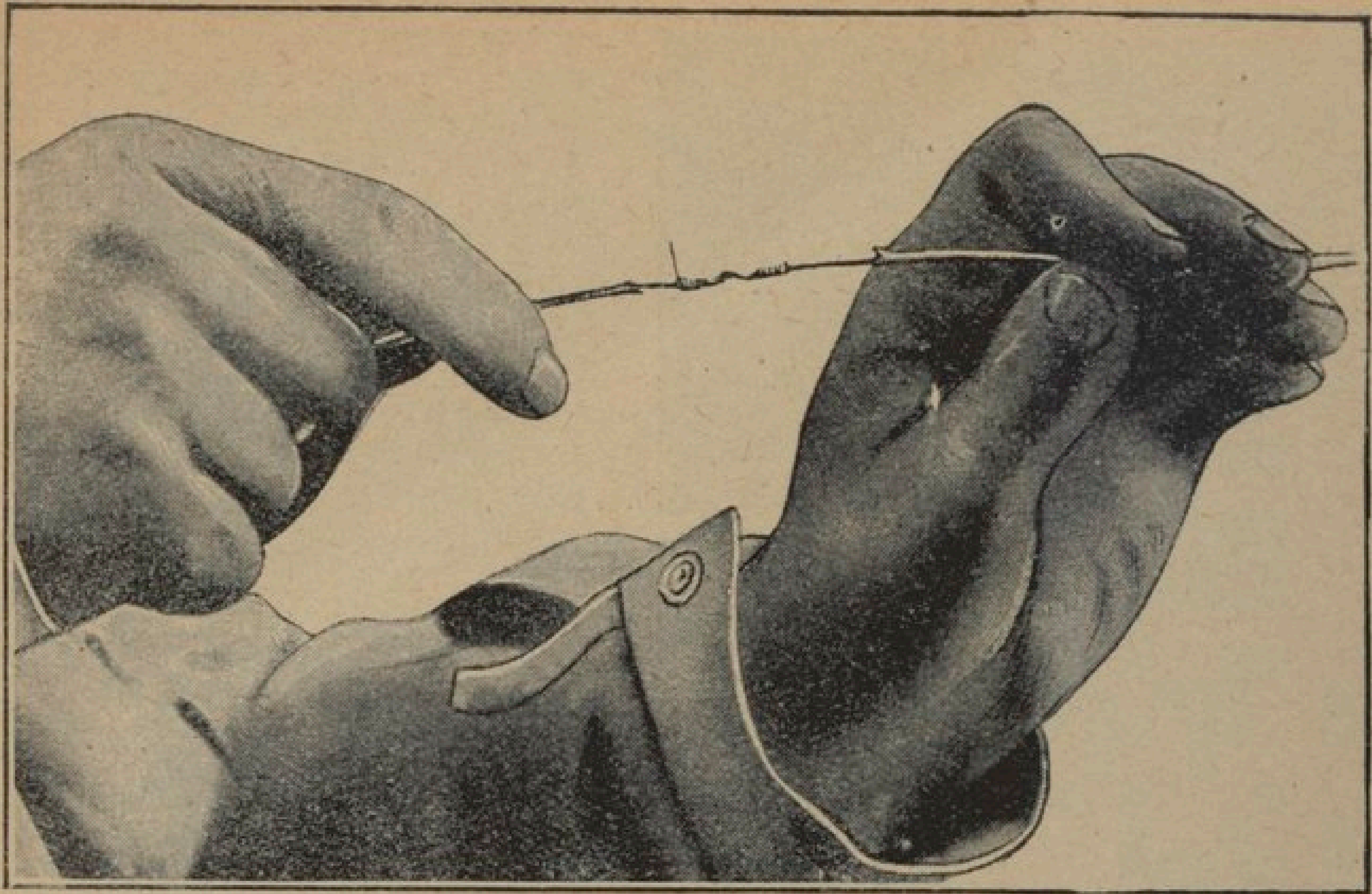


Fig. 5. — *Pour ligaturer deux fils, on les croise à angle droit et on les enroule l'un sur l'autre en les serrant fortement au moyen d'une pince.*

Ainsi, dans l'exemple de la fig. 6, on aura pris des dérivations sur le fil charbon pour aller aux boutons, sur le fil zinc, pour aller aux sonneries et l'on aura réuni chaque bouton à chaque sonnerie par autant de fils dits fils de ligne.

On comprend facilement que si l'on n'appuie sur aucun des boutons, le circuit est dit ouvert, c'est-à-dire que le courant ne passe pas. Au contraire il est fermé et le courant passe si on appuie sur un ou sur plusieurs boutons, faisant ainsi fonctionner la ou les sonneries correspondantes. Si, dans cette installation, il en était

Une foule de petits détails peuvent empêcher une installation de fonctionner, alors que tout marchera à merveille si l'on s'astreint à apporter tous ses soins, toute son attention à ces mille petits riens d'exécution qui font reconnaître la véritable habileté de l'amateur.

Voici d'abord une règle qu'il est bon d'adopter dans presque toutes les installations :

Relier le positif ou charbon à l'une des paillettes du bouton d'appel, du contact, de la pédale ou de tout autre appareil dont la mission est de fermer le circuit, c'est-à-dire d'envoyer le courant dans la sonnerie. Relier le pôle négatif ou zinc à l'une des bornes de la sonnerie ou de chaque sonnerie s'il y en a plusieurs dans l'appartement.

Le fil qui réunira la paillette restée libre du bouton à la borne restée également libre de la ou des sonneries sera appelé, en langage technique, fil de ligne.

On fera donc bien de prendre pour règle, au moins pour les installations simples, que le fil zinc ira à toutes les sonneries et le fil charbon à tous les boutons, sans, pourtant, qu'il soit nécessaire de retourner chercher à la pile le fil charbon ou le fil zinc dont on aura besoin pour faire fonctionner une autre sonnerie ; il suffira de se brancher directement à l'endroit le plus près où ils se trouvent à passer.

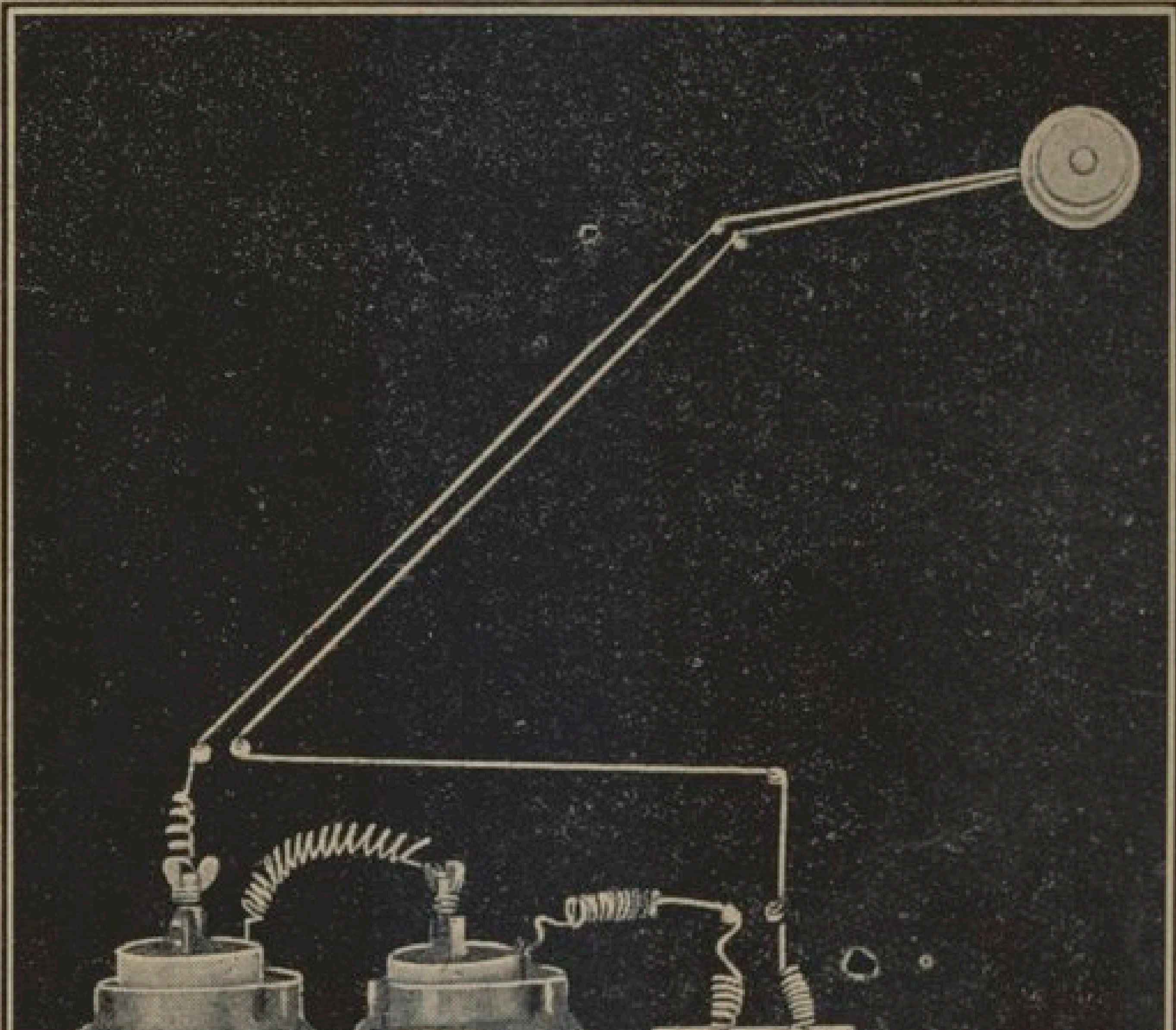


Fig. 6. — *La plus simple des installations : un bouton actionne une sonnerie avec deux éléments de pile.*

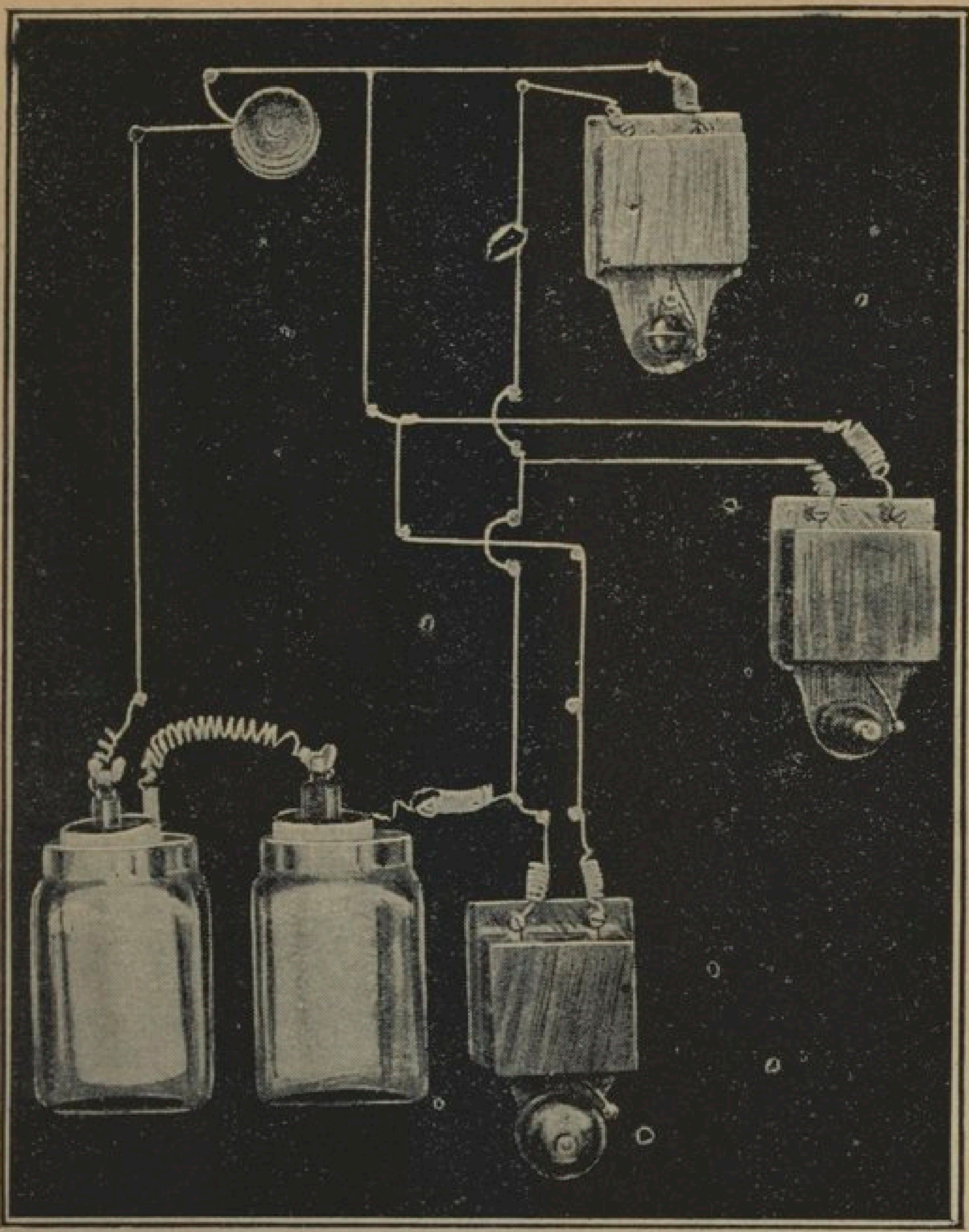


Fig. 7. — *Un seul bouton actionne trois sonneries toujours au moyen de deux éléments de pile.*

et leur a toujours occasionné des déboires très désagréables.

On trouvera chez tous les quincailliers et même dans presque tous les bazars le fil de cuivre recouvert d'une couche de gutta et d'un guipage de coton, dit fil de sonnerie. Le prix varie entre 6 et 10 francs le kilo, qui contient généralement de 110 à 120 mètres. On y trouvera également les isolateurs en os et les crochets vitrifiés nécessaires (fig. 3).

Nous ne saurions trop recommander dans les installations à fils nombreux de prendre ceux-ci de différentes couleurs et d'adopter une fois pour toutes une couleur pour le zinc, une autre pour le charbon et, enfin, une couleur spéciale pour chaque fil de ligne.

Le fil sous gutta et coton dont nous venons de parler n'est à employer que dans l'intérieur ou dans les endroits très secs. Dans le cas contraire et pour les lignes extérieures, on emploie des fils ou câbles sous plomb à un ou plusieurs conducteurs.

Si l'on a à traverser des espaces un peu longs, des cours, des jardins, il est plus économique d'employer du fil de cuivre nu que l'on a soin de placer sur des isolateurs en verre ou en porcelaine ; il faut aussi, dans ce cas, éviter que le fil vienne en contact, sur son parcours, avec un objet

autrement, ce serait l'indication d'une erreur.

En résumé, pour l'amateur, puisque lui seul nous occupe ici, les cas les plus fréquents sont ceux indiqués ci-après :

Un bouton actionne une seule sonnerie (fig. 6).

Un bouton actionne plusieurs sonneries (fig. 7).

Plusieurs boutons actionnent chacun une sonnerie différente (fig. 10).

Un bouton actionne une sonnerie qui répond par un autre bouton sur une autre sonnerie (fig. 11, page 557).

Enfin la figure 13 représente un montage défectueux que nous signalons parce qu'il a tenté bien des amateurs

humide ou une pièce métallique par lesquels le courant pourrait passer, parce que l'instal-

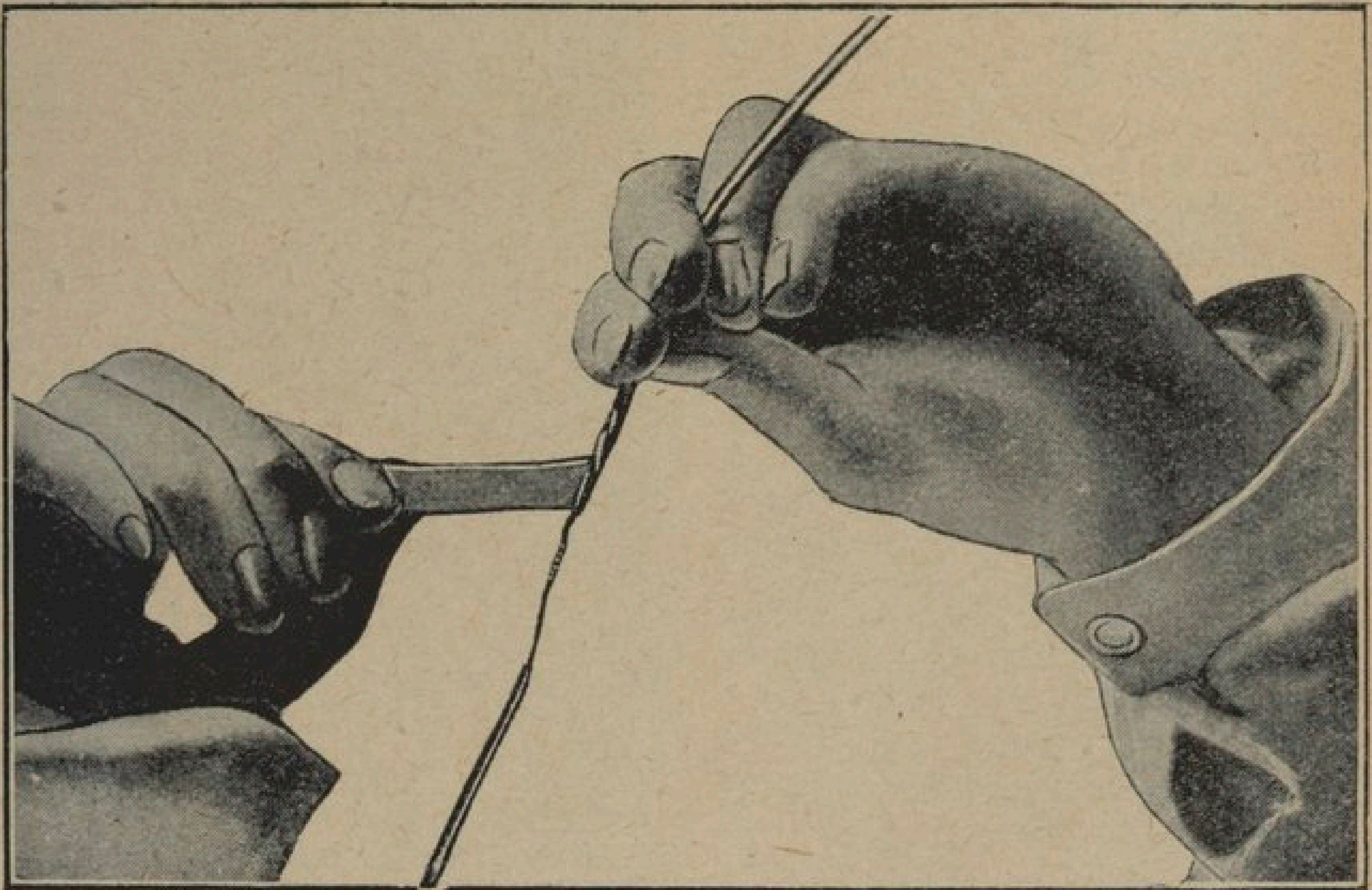


Fig. 8. — *On enroule sur les fils ligaturés une petite bande de gutta-percha ramollie entre les doigts, pour refaire l'isolant.*

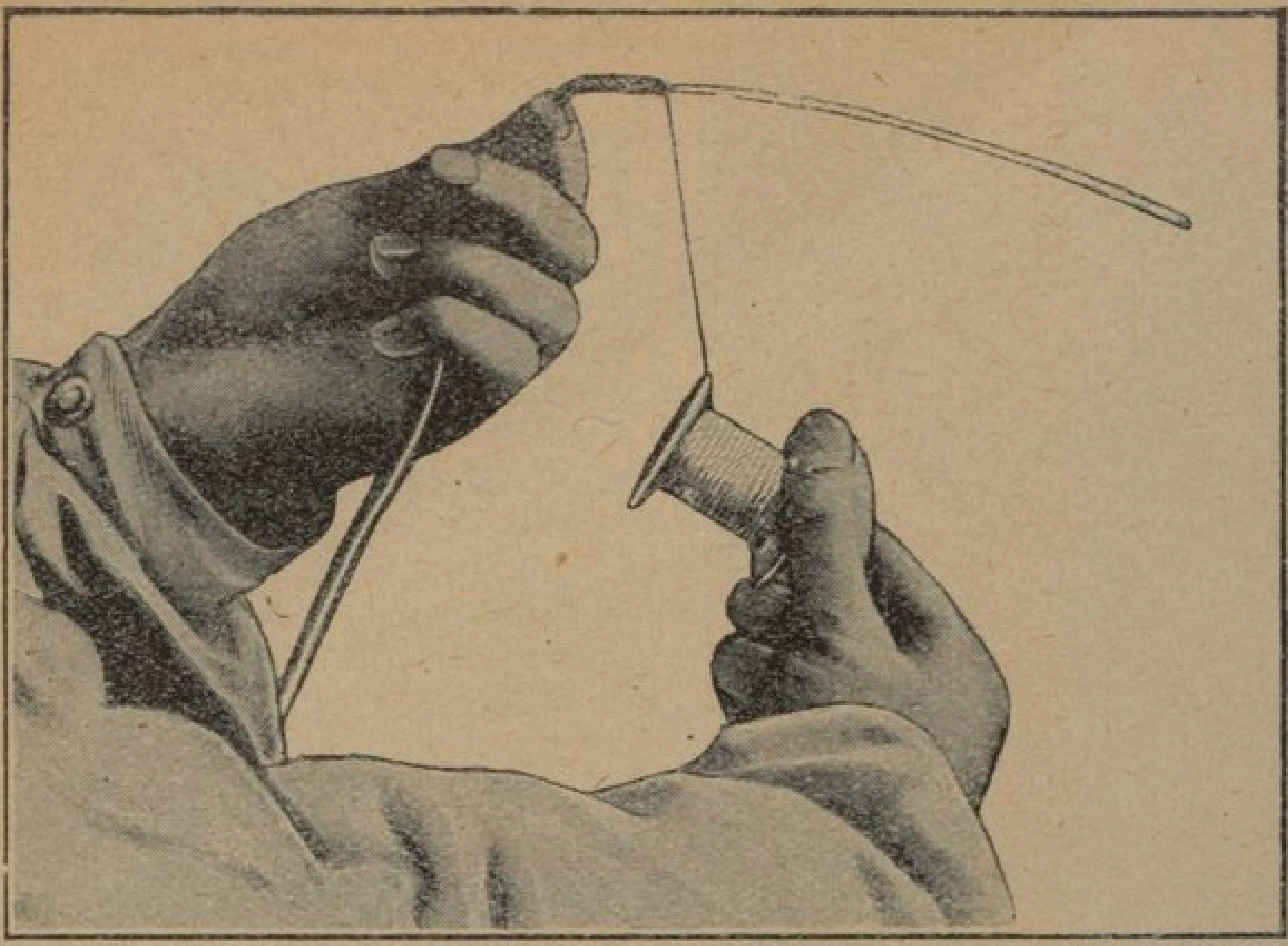


Fig. 9. — *Pour terminer la ligature, on recouvre la couche de gutta de fil de coton à la teinte voulue.*

teinte voulue (fig. 8 et 9).

Quand l'installation est complète, le moment est venu de préparer la pile. Dans chaque vase en terre duquel on a retiré le vase poreux et le zinc, on met 100 grammes environ de sel ammoniac que l'on trouve chez tous les marchands de couleur ; on verse de l'eau jusqu'à environ la moitié et l'on agite jusqu'à la dissolution complète de ce sel.

Il est bon de choisir des vases en verre à col paraffiné, ce qui empêche la montée rapide des sels.

Le vase poreux et le zinc sont alors replacés et, quelques heures après, les piles sont prêtes à rendre les services qu'on en attend. Il faut encore choisir pour les placer un emplacement convenable, ni trop humide — ce qui facilite la formation des sels — ni trop

lation serait alors « à la terre ». Autrement dit, il y aurait de fortes fuites et perte d'énergie.

Pour qu'une installation soit bien faite, les isolateurs en os montés le long des murs doivent être espacés de 50 cm environ les uns des autres et il faut avoir bien soin de placer les fils toujours dans le même ordre sur ces isolateurs de façon à les reconnaître facilement dans les encoignures et en arrivant aux sonneries ou aux divers appareils.

La pose des crochets vitrifiés qui, en apparence est très simple, doit pourtant être faite avec le plus grand soin ; car si l'émail se détache du fer, celui-ci se rouille à la longue et l'oxydation a vite fait de ronger l'isolant du fil.

Quand on a besoin de réunir l'extrémité d'un fil à un autre fil, on fait ce que l'on appelle une ligature. Pour cela, on commence par dénuder le cuivre (fig. 4), c'est-à-dire par le mettre à nu en le dépouillant avec des ciseaux de sa gaine de gutta et de coton, en faisant bien attention que la lame de l'outil, trop tranchante, n'entame pas la section du cuivre; on croise alors les deux fils à environ 5 mm. et on les tourne en les serrant bien l'un autour de l'autre cinq ou six fois (fig. 5). On coupe les bouts qui dépassent et on les enroule d'une petite bande de gutta ramollie entre les doigts. Pour terminer, on recouvre le tout de fil de coton à la

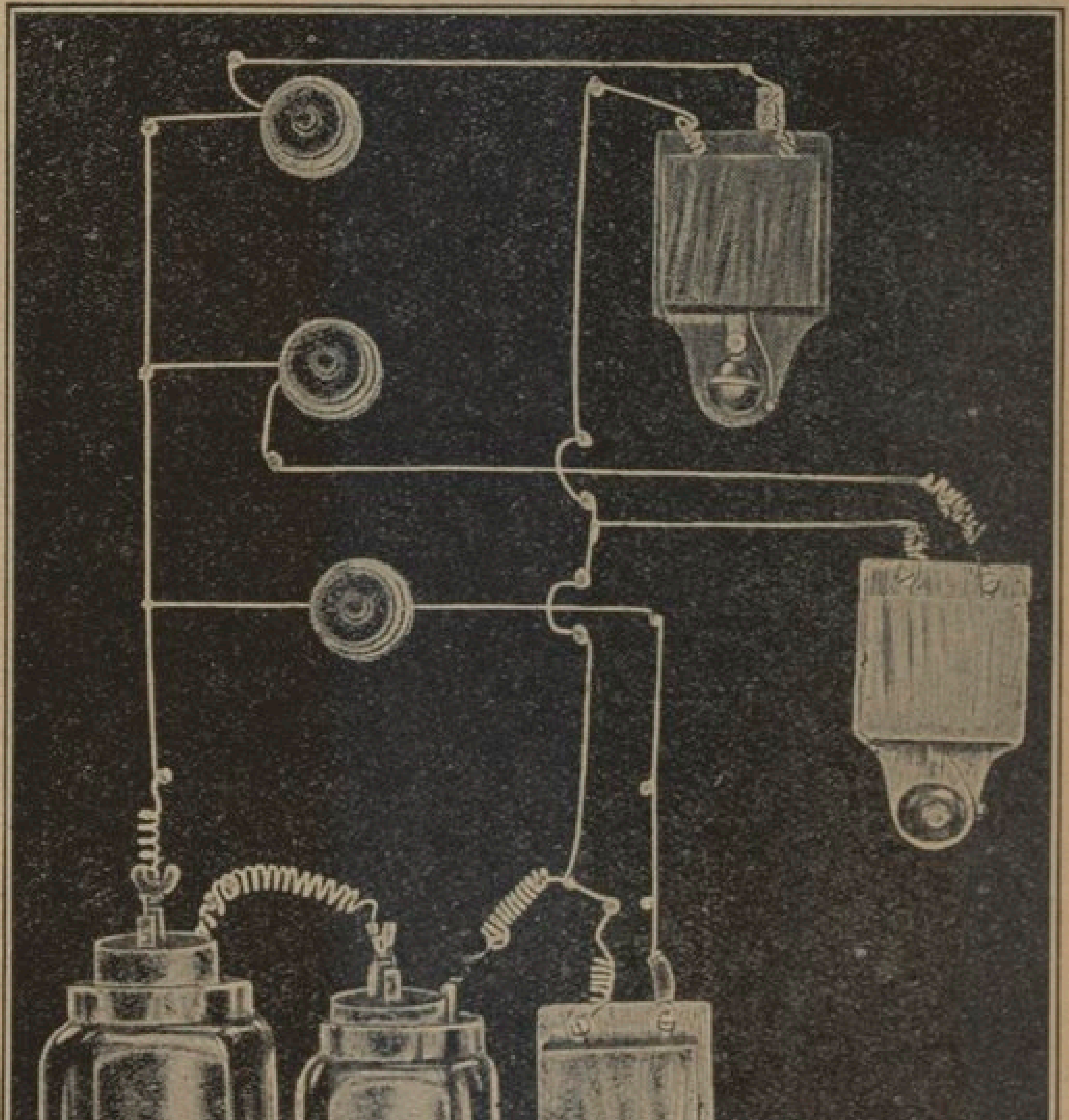


Fig. 10. — ***Plusieurs boutons actionnent autant de sonneries placées en dérivation dans le circuit des piles.***

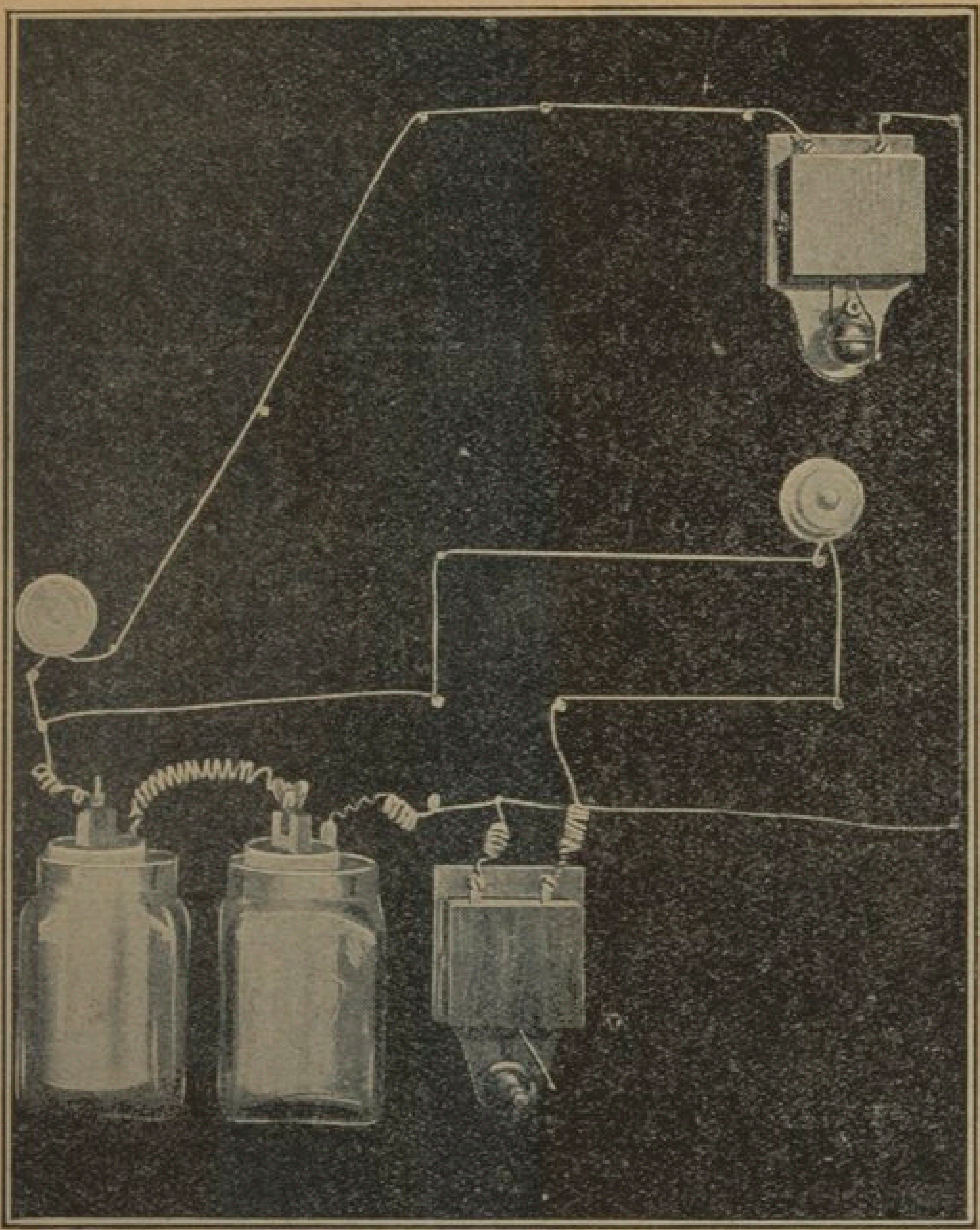


Fig. 11. — *Un bouton actionne une sonnerie qui répond par un autre bouton sur une autre sonnerie.*

sec et chaud — ce qui provoque une évaporation trop rapide et oblige à remplacer trop souvent le liquide.

Tout ce que nous venons de dire s'adresse au simple amateur électricien et concerne les installations les plus élémentaires, mais aussi les plus fréquentes. Mais cette simplicité n'exclut pas certaines précautions dont nous allons dire un mot.

En ce qui concerne la pose des fils à l'intérieur, les précautions à prendre sont les suivantes : les bien tendre sans les mêler et éviter que leur enveloppe isolante ne soit détériorée ou reste dénudée. Les fils se posent soit sur des isolateurs en os, soit sur des crochets vitrifiés ; les premiers sont d'une pose beaucoup plus facile, les seconds sont de préférence réservés aux angles des murailles.

Les isolateurs en os seront posés à intervalles d'environ 50 cm. et l'on évitera d'enrouler plus de deux fils sur le même isolateur. Si l'on a plus de deux fils à poser, on superpose plusieurs isolateurs simples.

Les fils qui se trouvent retenus dans les angles par un crochet vitrifié courent certains risques, car s'ils sont trop serrés ou si l'émail du crochet est entamé par le marteau, l'isolant sera écrasé et le cuivre mis à nu, ce qui pourra favoriser des courts-circuits et occasionner des pertes à la terre. Ne pas oublier, pour enfoncer les crochets, de se servir du chasse-clous n° 13 de la figure 2.

Souvent, l'amateur électricien habite à la campagne un pavillon avec atelier, hangar ou autre dépendance dans lesquels il n'est pas obligé de dissimuler les fils avec le même soin. Aussi, dans ce cas, pourra-t-il employer la pose dite « en télégraphie ». Dans cette pose, au lieu de réunir les fils deux à deux sur des isolateurs très rapprochés ou en faisceaux, sous crochets vitrifiés, on les sépare les uns des autres de 3 à 4 cm. en les maintenant par de petites poulies de porcelaine ou même, dans les endroits secs, par de petits taquets de bois servant d'isolateurs.

Dans le cours d'une installation ou de

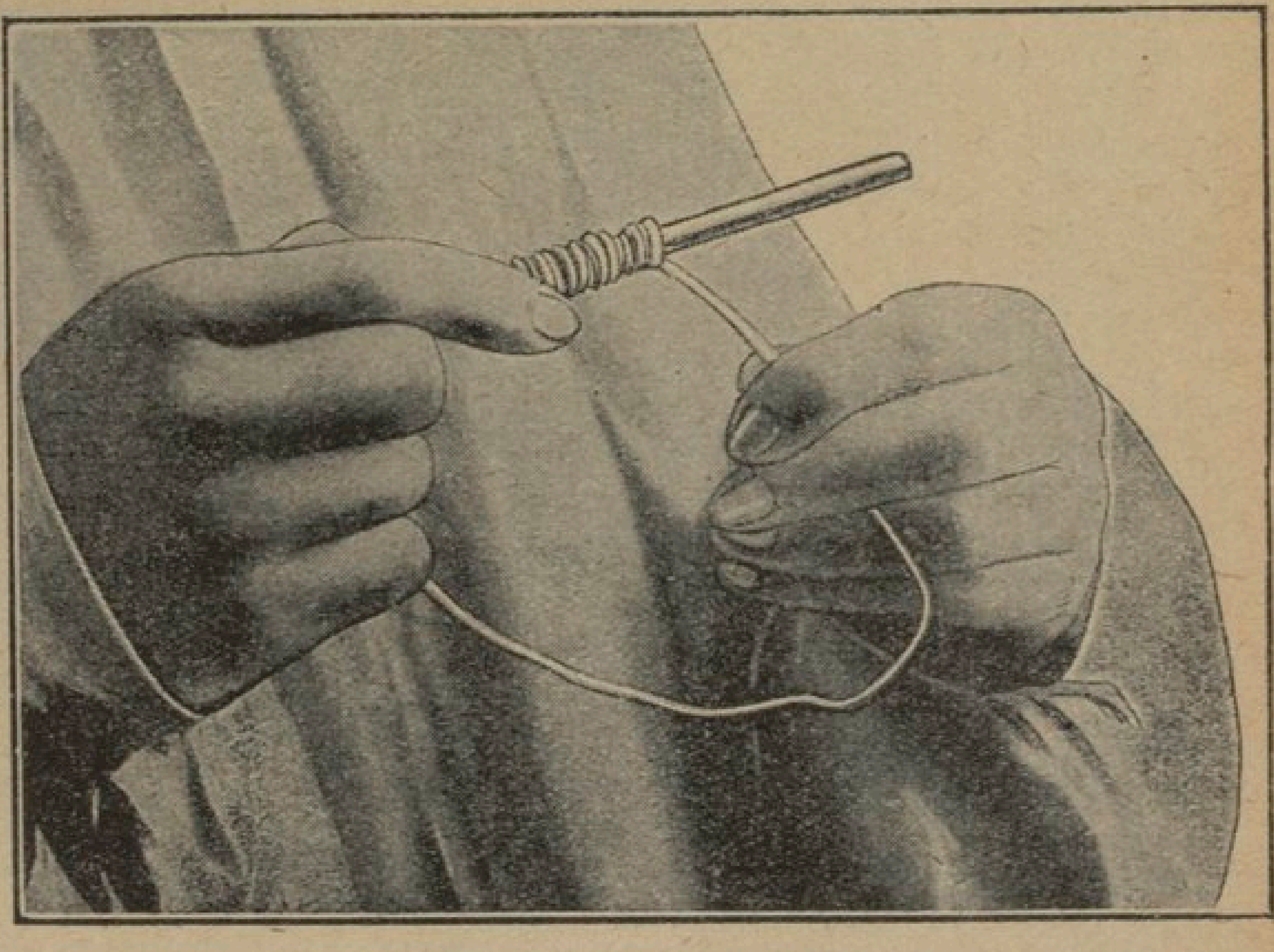


Fig. 12. — *Avant de fixer les fils aux bornes, on fait des boudinettes qui permettent, le cas échéant, de les allonger.*

complément d'installation, nous recommandons de ne jamais dénuder à l'avance des fils laissés en attente, car s'ils venaient à se toucher entre eux ou à toucher un mur humide, ils épuiseraient rapidement la pile.

Ne jamais se servir de cavaliers en fer qui, un tant soit peu enfoncés à l'excès, viennent écraser l'isolant et mettre dangereusement les fils en contact les uns avec les autres.

Il faut aussi apporter tous ses soins aux ligatures, ou épissures, qui doivent être solides, serrées et bien faites. Une bonne épissure est à peine visible, car, une fois recouverte d'isolant, elle ne doit présenter qu'un très faible renflement. Ne jamais placer une épissure dans les percements ni autour d'un crochet.

Quand on aura observé toutes les précautions ci-dessus ainsi que celles que nous avons indiquées pour la charge et la pose des piles, on aura les meilleures chances pour que l'installation donne des résultats très satisfaisants quant au fonctionnement et à la durée.

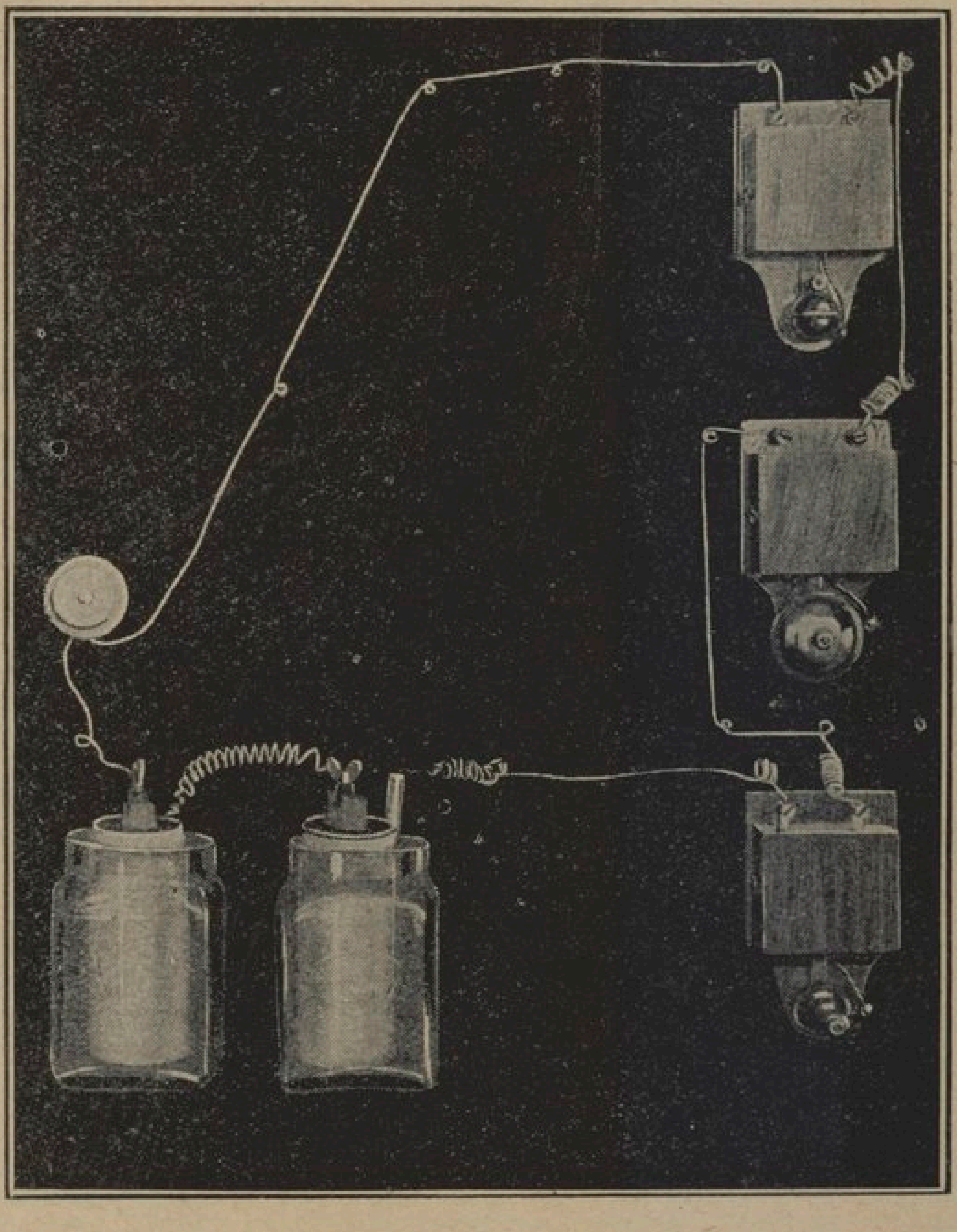


Fig. 13. — *Il ne faut jamais, comme on l'a fait ici, monter plusieurs sonneries en tension* (voir fig. 6).

Nous ne pouvons terminer ce trop rapide cours d'installation des sonneries sans dire quelques mots du réglage et de l'essai d'une sonnerie trembleuse qu'un transport ou un emballage négligés ont pu dérégler et qui peut donner, dans ce cas, quelques déboires à l'installateur.

Une sonnerie peut avoir à fonctionner seule ou simultanément avec d'autres sonneries, et, dans ces cas différents, le réglage variera, puisque la quantité de courant que l'électro recevra pour une même pile ne sera pas la même et qu'alors l'attraction sur le marteau sera différente. Si, quand le courant passe, on s'aperçoit que le son est étouffé ou insuffisant, c'est que les mouvements du marteau sont trop rapides ou bien que la force électromotrice de la batterie est insuffisante.

On se souviendra que c'est au moment où l'armature est attirée presque au contact de l'électro que la rupture du ressort avec la vis de réglage devra se produire. La face intérieure de l'armature doit être bien parallèle à l'électro et distante de 1 mm. ; de même, il doit y avoir 1 mm. entre le ressort de l'armature et la pointe de la vis de réglage.

Mais, dans la plupart des cas, l'amateur n'a pas à se préoccuper du réglage de ses sonneries, s'il a fait l'acquisition d'un matériel sérieux qui doit lui être livré parfaitement au point. Pour le cas où l'on voudrait actionner en même temps une grosse sonnerie et une petite, il y aura lieu de faire égaliser leur résistance par le constructeur, faute de quoi la plus grande partie du courant passerait par la sonnerie la moins résistante, tandis que l'autre ne fonctionnerait que mal ou même pas du tout.

Nous avons dit plus haut comment se fait le couplage des éléments; nous n'y reviendrons pas, nous estimant très heureux si, sans entrer dans des détails plus techniques, qui ne seraient plus du domaine de l'*amateurisme*, nous avons pu rendre service à ceux de nos lecteurs qui ont bien voulu nous suivre. D'ailleurs il est toujours prudent d'acheter le matériel et les fournitures nécessaires à l'établissement d'un réseau de sonneries dans une maison de construction sérieuse et capable de garantir le bon fonctionnement des appareils fournis par elle. Trop souvent on se laisse aller, par une économie mal entendue, à acquérir des sonneries d'occasion provenant du démontage d'anciennes installations. Parfois aussi on achète des articles de qualité inférieure provenant de maisons secondaires, souvent, hélas..., allemandes.

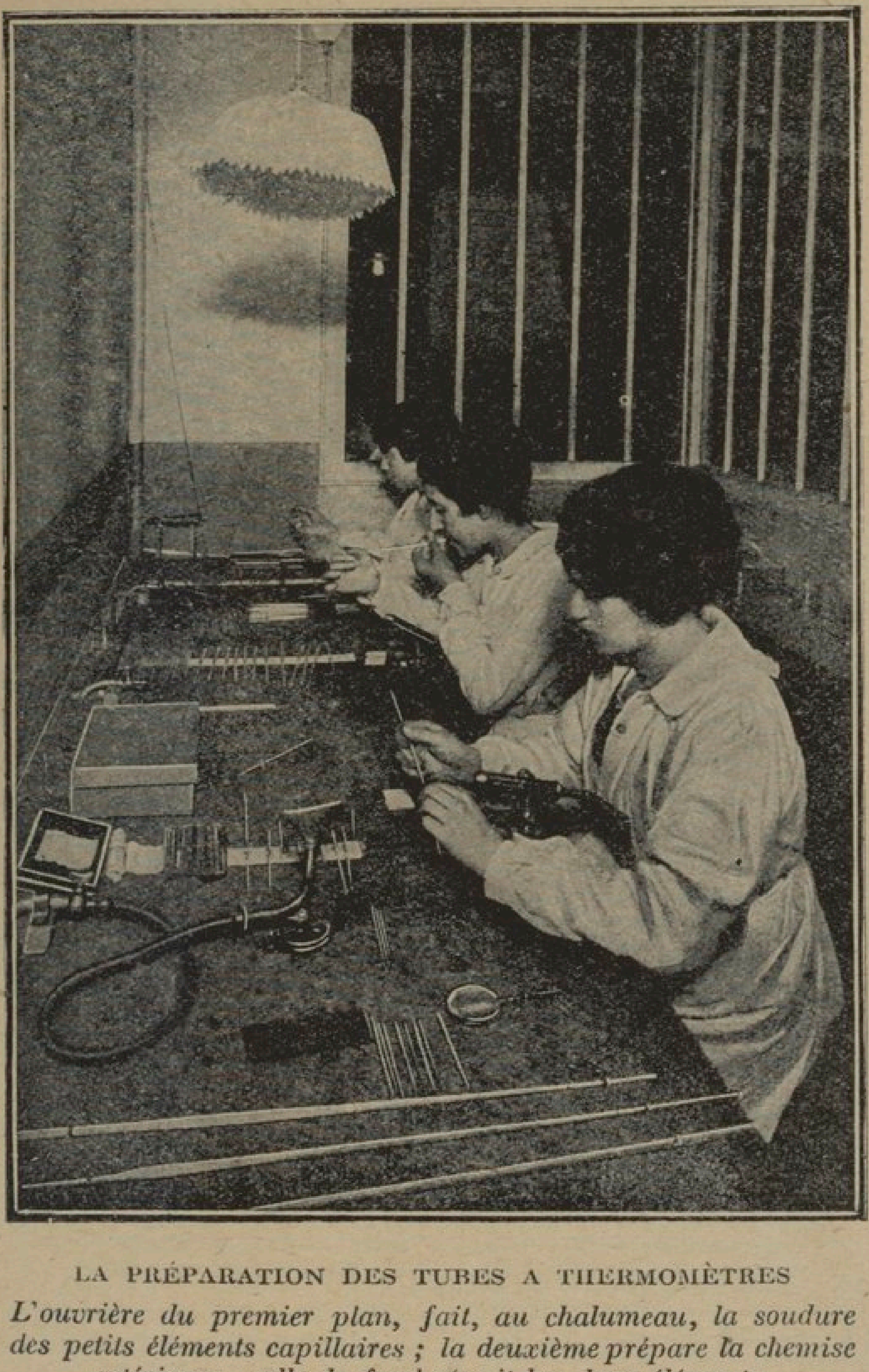
G. Germond.

LA FRANCE FABRIQUE MAINTENANT SES THERMOMÈTRES MÉDICAUX

Par Philippe SANDRAC

Ce n'est pas d'hier que la science médicale a songé à mesurer la température des animaux à sang chaud et particulièrement de l'homme ; l'emploi des thermomètres médicaux remonte assez loin. Dès 825, on a enregistré diverses expériences qui montrent que, malgré le peu de perfection des instruments alors en usage, la précision des mesures était déjà très grande. Très perfectionnés depuis, devenus instruments de précision, les thermomètres médicaux sont aujourd'hui d'un usage courant. Ils sont tous à *maxima*, c'est-à-dire qu'ils restent à la température à laquelle ils ont été soumis pour en permettre la lecture différée.

Les thermomètres médicaux peuvent se ramener à deux types principaux : 1° les thermomètres dits « à tige », dont la tige, assez grosse, soit ronde, soit le plus souvent de forme prismatique, porte elle-même sa graduation marquée sur le verre ; 2° les thermomètres dits « à chemise ». Dans ces derniers, le tube capillaire, à conduit infiniment réduit, dans lequel circule la colonne de mercure, est lui-même enfermé dans un tube de verre extérieur qui contient, en outre, une plaquette, généralement en opaline ou en aluminium, sur laquelle est gravée la graduation. Le *maxima*, c'est-à-dire l'arrêt de la colonne de mercure au degré où l'a amené la température à constater, est assuré par un filament de verre, de forme conique très allongée, qui obture presque complètement le passage du mercure un peu au-dessus du réservoir inférieur et empêche la colonne de redescendre.

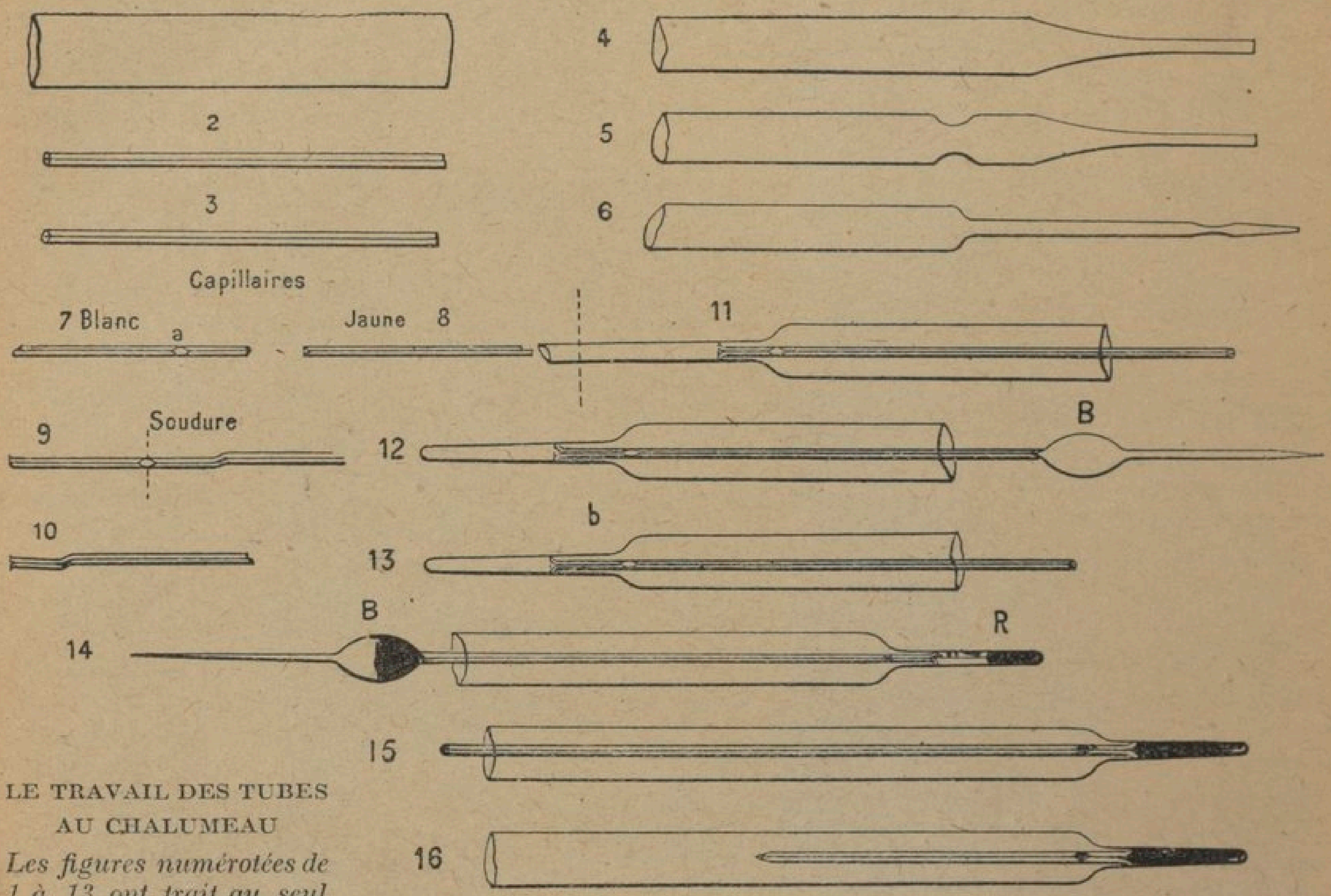


LA PRÉPARATION DES TUBES A THERMOMÈTRES

L'ouvrière du premier plan, fait, au chalumeau, la soudure des petits éléments capillaires ; la deuxième prépare la chemise extérieure ; celle du fond réunit les deux éléments.

Le principe du *maxima*, tel que nous venons de le décrire, est d'invention française. Baudin, constructeur réputé, réalisa, dès 1860, des thermomètres à obturateur destinés à la météorologie. Un autre cons-

tructeur parisien, Danger, fabriqua également, vers 1874, des thermomètres à maxima à obturateur, destinés à l'usage médical ; mais sa production était infime, un millier par an environ, et encore en vendait-il à l'étranger. Personne ne croyait à l'importance de cette industrie, dont s'emparèrent les Allemands qui, quelques années plus tard, commençaient à envoyer en France leurs premiers thermomètres médicaux à 4 et 5 francs pièce. L'industrie spéciale était désormais fondée de l'autre côté du Rhin ; elle devait y devenir rapidement puissante.



LE TRAVAIL DES TUBES AU CHALUMEAU

Les figures numérotées de 1 à 13 ont trait au seul travail de soufflage, d'étirage et de soudure, et les figures 14, 15 et 16 montrent les différentes phases du remplissage. (On trouvera dans le texte toutes les explications nécessaires).

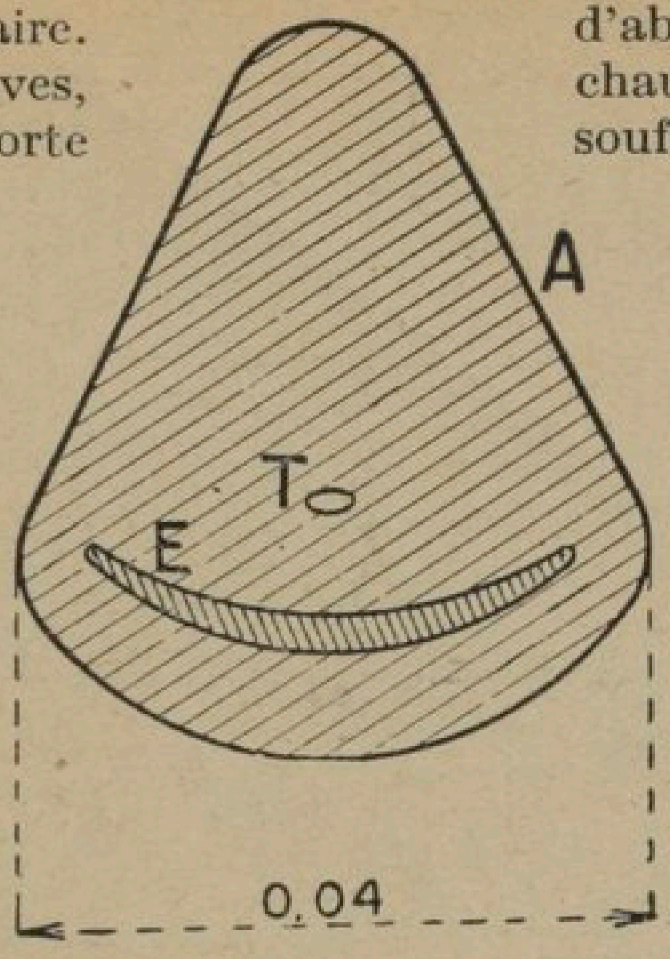
L'Allemagne, qui monopolisait pour le monde entier la fabrication du thermomètre médical à chemise, nous en livrait chaque année plusieurs millions. Elle avait chez nous des commissionnaires importateurs qui recevaient, entre autres, des thermomètres sans marques, non fermés, dont on pouvait retirer l'échelle graduée pour y inscrire au verso le nom de la maison française qui les vendait. Comment eût-on pu soupçonner leur origine étrangère ? Il fallut, une fois les stocks épuisés, la disparition complète du marché des thermomètres médicaux à chemise pour révéler ce regrettable état de choses. On dut se rejeter sur les thermomètres à tige prismatique, d'une lecture assez difficile, d'origine anglaise ou américaine. On était, à ce moment, vers le milieu de l'année 1916 et, pour monter une fabrication, tout manquait : ouvriers et matière première.

C'est alors que M. Justin Godart, sous-secrétaire d'Etat du service de santé, eut l'heureuse inspiration de faire rechercher parmi les nombreux soldats allemands disséminés dans les camps de prisonniers, des spécialistes du thermomètre médical, capables de nous en fabriquer de suite. La tâche était difficile : il trouva en M. Pellerin le collaborateur capable d'en organiser la réalisation. On recruta donc ainsi de la main-d'œuvre susceptible non seulement de produire, mais aussi et surtout de faire école pour la main-d'œuvre française que nous allions recruter. Un atelier fut aménagé dans le fort de Vanves et placé sous la direction du pharmacien-major Trimbach, dont l'activité éclairée en a fait rapidement un ensemble remarquable. Mais, à ces ouvriers, il fallait la matière première, un verre spécialement préparé, travaillé de certaine façon, avec émail intérieur, et dont les dimensions réduites à des centièmes de millimètre rendaient les procédés de fabrication particulièrement délicats. Nos verriers se mirent à l'œuvre et parvinrent bientôt à sortir de

leurs creusets le verre nécessaire.

A côté de cet atelier de Vanves, de cette institution en quelque sorte d'Etat, l'industrie privée ne resta pas inactive. Dès le mois de juillet 1916, M. Lemeuland, directeur d'une de nos principales pharmacies parisiennes, commençait à Sèvres, avec l'aide de son ingénieur, M. Vollant, l'installation d'un atelier spécial pour la fabrication des thermomètres médicaux. Les ouvrières qui en ont formé le premier noyau ont été élèves de Vanves, ce qui montre incidemment combien a été féconde la conception qu'avait eue M. Justin Godart de cette école, puisqu'il en est né, entre autres, cet atelier de Sèvres, où nous avons vu une vingtaine d'ouvrières bien françaises sortir de leurs mains des thermomètres médicaux.

Mais que de détails, que de minutieuses opérations comporte cette fabrication ! C'est d'abord le travail du verre, que l'on chauffe, que l'on étire, que l'on souffle, que l'on soude, puis le remplissage et le réglage de la colonne de mercure et, enfin, la graduation de l'échelle. Nous avons groupé en un tableau un certain nombre de figures, numérotées de 1 à 13, qui représentent les phases successives par lesquelles passent les tubes avant d'arriver à l'opération du remplissage. Ces tubes sont au nombre de trois : 1, tube ovale pour la chemise ; 2, tube capillaire rond ; 3, tube capillaire prismatique émaillé jaune. Ce dernier constitue la tige du thermomètre. On lui donne la forme prismatique afin d'assurer une bonne vision ; cette forme, en effet, amplifie à l'œil la largeur de la colonne de mercure qui, mesurant à peine 9 centièmes de millimètre dans sa plus grande largeur, serait presque imperceptible. Un croissant d'émail



VUE EN COUPE DU TUBE PRISMATIQUE JAUNE

A, *tube de verre :* T, *trou de forme ovoïde dans lequel passe le mercure;* E, *émail jaune noyé dans le verre. (Ce tube qui, dans le schéma ci-dessus, est grossi trente fois, n'a, en réalité, qu'un millimètre et demi en largeur; le trou intérieur mesure 8 centièmes de millimètre environ dans sa plus grande dimension).*

L'OPÉRATION DU REMPLISSAGE DES RÉSERVOIRS DE MERCURE

Sur la lampe à alcool, ou au chalumeau, ou encore dans un bain d'eau chaude, l'ouvrière facilite, grâce à l'élévation de la température, la descente du mercure dans la cuvette inférieure et détermine la quantité nécessaire au remplissage du réservoir.

jaune, noyé dans le tube, a également pour but de faciliter la vision et d'assurer commodément la lecture de l'instrument.

Suivons maintenant le travail. Sur une longueur convenable du tube ovale 1, présentée à la flamme du chalumeau, on fait d'abord un étiré, une pointe, 4, puis un étranglement, 5, pour limiter la partie du verre qui formera le réservoir. Cette partie est successivement fondue, soufflée, étirée d'une façon spéciale pour former le bas du thermomètre et le réservoir ou cuvette, 6. La chemise extérieure se trouve ainsi préparée. Passons aux autres tubes. Dans un morceau de capillaire blanc, 2, de quelques centimètres seulement, on fait, toujours à l'aide du chalumeau, gonfler le conduit intérieur en *a*, sous la forme d'une olive, comme l'indique la figure 7, et l'on soude ce tube à un autre morceau de capillaire jaune prismatique, 8, en donnant à la soudure une forme légèrement coudée en baïonnette pour permettre le logement ultérieur de l'échelle graduée, 9. On coupe en son milieu la petite olive *a* selon le trait pointillé, et on évase en pavillon la cloche minuscule ainsi formée, 10, ce qui nous donne l'élément interne du thermomètre médical.

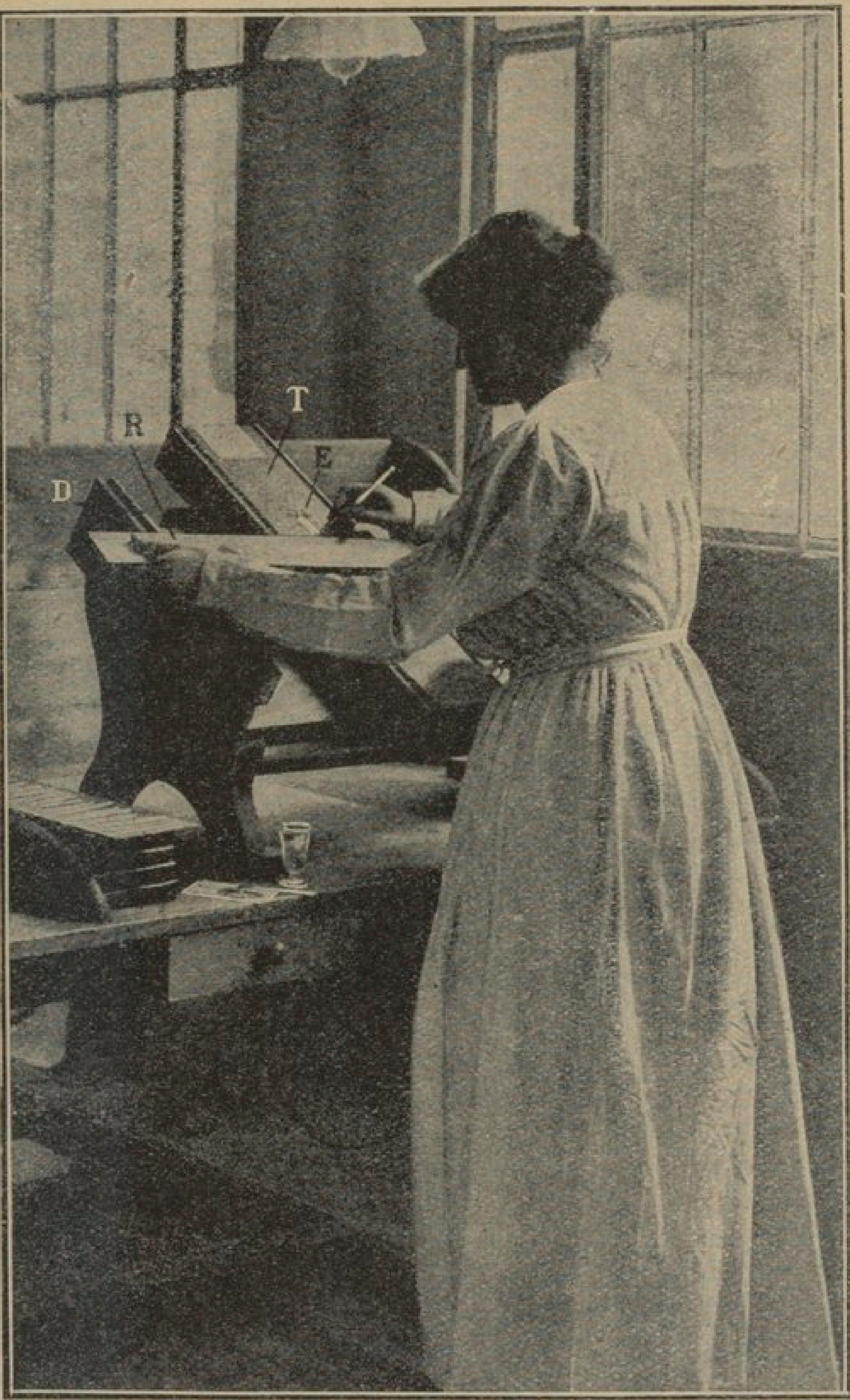
Il s'agit à ce moment de réunir les deux parties et de souder cet élément interne à l'intérieur de la chemise, opération très difficile, qui nous conduit au dispositif 11. Selon la grosseur du trou du capillaire prismatique, qui doit être mesuré pour chaque tige avant de la livrer à la fabrication, on jauge le réservoir du thermomètre et on l'arrête en un point qui est ici (11) indiqué par un trait pointillé. On sectionne le tube en cet endroit par rétrécissement. D'autre part, on a préparé un filament de verre étiré, légèrement conique, 12, que l'on vient introduire dans l'intérieur du réservoir, de façon qu'il vienne obturer en *b*, (13), le tube capillaire rond. C'est cet obturateur qui, fonctionnant comme une véritable soupape, assure le maxima à la colonne de mercure.

LE RÉGLAGE ET LA GRADUATION DES THERMOMÈTRES MÉDICAUX

Dans les thermomètres, on règle la course de la colonne de mercure pendant que, d'autre part, se choisissent au microscope les tubes capillaires et se préparent les échelles à graduation.

La mise en place de cet obturateur est une des opérations les plus délicates de la fabrication du thermomètre. Celui-ci, fût-il fabriqué parfaitement d'un bout à l'autre, sera à mettre au rebut si l'obturateur a été mal placé. Trop dure, la soupape ne permet pas au mercure de redescendre; pas assez dure, le thermomètre n'est pas à *maxima*, le mercure pouvant passer avec facilité. L'obturateur, mis en place, est soudé au fond du réservoir du même coup de chalumeau qui ferme celui-ci, 14. Pour procéder au remplissage, on soude, à l'autre extrémité du tube capillaire jaune une boule de verre, 14, destinée à contenir le mercure nécessaire. Les opérations de soufflage et d'étirage sont alors finies ; nous avons le « thermomètre en blanc ». Il faut le remplir.

Dans la boule *B*, on met assez de mercure pour remplir le réservoir *R*. En employant la force centrifuge, on envoie une première gouttelette dans le réservoir, 15 ; puis on chauffe longuement, minutieusement celui-ci. Il se dégage des vapeurs mercurielles qui en chassent l'air ; la condensation ultérieure produit le vide et provoque l'entrée du mercure dans le réservoir et le remplissage de celui-ci. Sur une de nos gravures, on peut voir la suite de ces opérations : une ouvrière, en chauffant sur une lampe à alcool, donne naissance aux vapeurs mercurielles ; une autre surveille la descente du mercure et le remplissage ; la troisième chauffe au chalumeau à gaz l'ensemble de la chemise pour élever la température dans la tige capillaire, provoquant ainsi une sorte de chassé-croisé entre le mercure et l'air, ce dernier finalement évacué. La quatrième ouvrière, en immergeant le réservoir dans un bain à la température voulue, règle la quantité de mercure qui doit rester dans le thermomètre. (fig. p. 509).



LA MACHINE A DIVISER LES ÉCHELLES

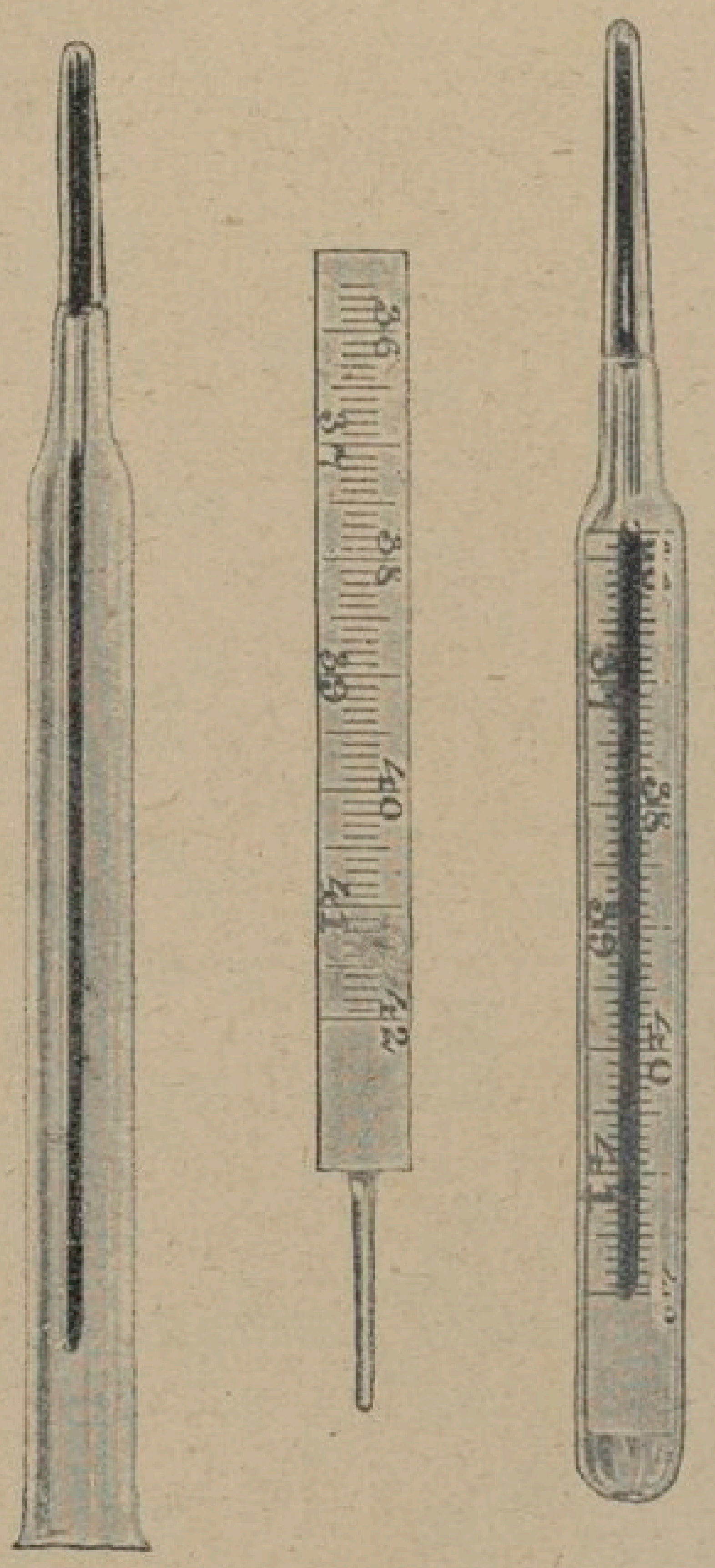
T, *tablette mobile supportant l'échelle* E ; D, *denture-mère au pas de deux millimètres ;* R, *règle se déplaçant horizontalement autour d'un point fixe qui, sur la photo, est caché par l'ouvrière.*

Le dernier mot n'est pourtant pas encore dit. L'instrument doit être encore « travaillé à la main », c'est-à-dire que, par secousses, tapotements, chauffages et refroidissements successifs, on chasse les derniers molécules d'air, condition essentielle de bon fonctionnement. Un travail imparfait aurait pour conséquence que, du fait de secousses imprévues et répétées, les trépidations d'une automobile, par exemple, un déréglage peut se produire et l'indication fournie par la colonne de mercure ne plus correspondre à la graduation. Enfin, en un dernier réglage, on coupe la tige prismatique à l'intérieur de la chemise, 16. Il ne

reste plus alors qu'à graduer et à fermer.

Dans des cuves spéciales, on prend des points extrêmes de température qui serviront à établir la graduation. Dans ces cuves, dénommées « thermostats », entourées de feutre pour empêcher toute perte de chaleur, une hélice assure la circulation de l'eau dont la température est maintenue constante par un bec de gaz que commande un régulateur spécial immergé dans l'eau même de la cuve. De la sorte, entre deux points quelconques de la masse d'eau, il n'y a aucun écart pratique de température. Les thermomètres y sont disposés dans un panier à côté d'un thermomètre étalon, d'une précision absolue, contrôlé au Conservatoire des arts et métiers, qui est plongé au centre de la cuve et permet, par comparaison, de prendre ou de contrôler tous points de température utiles. Ces points extrêmes correspondant, par exemple, au degré 36 dans l'une des cuves et au degré 41 dans l'autre, donneront un écart de cinq degrés, au delà et en deçà desquels la vie humaine cesse, en général.

Ces 5 degrés sont divisés en cinquante subdivisions égales à l'aide d'une machine spéciale, très pratique, qui se compose : 1° d'une tablette mobile sur laquelle on place l'échelle à graduer ; 2° d'une denture-mère au pas de 2 millimètres ; 3° d'une règle pivotant autour d'un point fixe et s'appuyant horizontalement sur la tablette mobile et la denture-mère à gauche. On cherche pour la tablette la position dans laquelle la règle, appliquée successivement sur les points 36 et 41 de l'échelle, passe à ces moments sur deux points de la denture-mère, distants entre eux de cinquante divisions. Cette position trouvée, il ne reste plus qu'à porter la règle sur ces cinquante divisions l'une après l'autre et à tracer sur l'échelle une ligne à chaque arrêt correspondant. Quelle que soit la distance entre les degrés 36 et 41 du thermomètre, les cinq degrés se trouveront divisés en cinquante parties proportionnelles, équivalentes chacune à un dixième de degré. Quand on aura ajusté l'échelle à l'intérieur de la chemise dans l'espace laissé libre par la forme baïonnette du tube jaune et fermé le tout au chalumeau, la fabrication sera terminée.



LES DERNIÈRES PHASES DE LA FABRICATION

A gauche : le thermomètre est fini, mais la chemise extérieure n'est pas encore fermée. Au centre : l'échelle graduée portant la tige de verre qui la soudera à la chemise au moment où celle-ci sera fermée au chalumeau. A droite : le thermomètre achevé.

Ce rapide examen montre combien est difficile, minutieuse et délicate la construction d'un thermomètre médical ; et l'on se demande comment les Allemands pouvaient nous vendre en gros des produits, de fabrication si compliquée, finis et en étui, à des prix dérisoires. Le bon marché de la matière première et de la main-d'œuvre facilitaient assurément la modicité de leur prix de revient. D'importantes usines, consacrées exclusivement à la fabrication des thermomètres et baromètres de tous genres et de toutes qualités, ajoutaient au travail d'un certain nombre d'ouvriers très exercés et aidés par des apprentis et des « petites mains » peu ou point rémunérés, le travail des façonniers, villageois travaillant chez eux à des prix dérisoires, une fois la journée des champs achevée. En outre, le gouvernement allemand, pour favoriser la vente à l'étranger, allouait des primes importantes à l'exportation. Enfin, le contrôle étant plus ou moins approximatif, c'était bel et bien ce que l'on appelait la *camelote allemande* qui était expédiée en France à des commissionnaires peu scrupuleux eux-mêmes dans le triage et le choix de la marchandise, qu'ils revendaient à nos marchands de détail. Il n'était pas rare de trouver des thermomètres donnant jusqu'à 6 et 7 /10es d'erreur au mépris du diagnostic qui en découlait pour le malade ; ce qui prouve une fois de plus qu'en toutes choses on n'en a jamais que pour son argent. Félicitons-nous donc de voir cette industrie redevenue française et honnête.

PHILIPPE SANDRAC

LES A-COTÉS DE LA SCIENCE

INVENTIONS, DÉCOUVERTES ET CURIOSITÉS

Par V. RUBOR

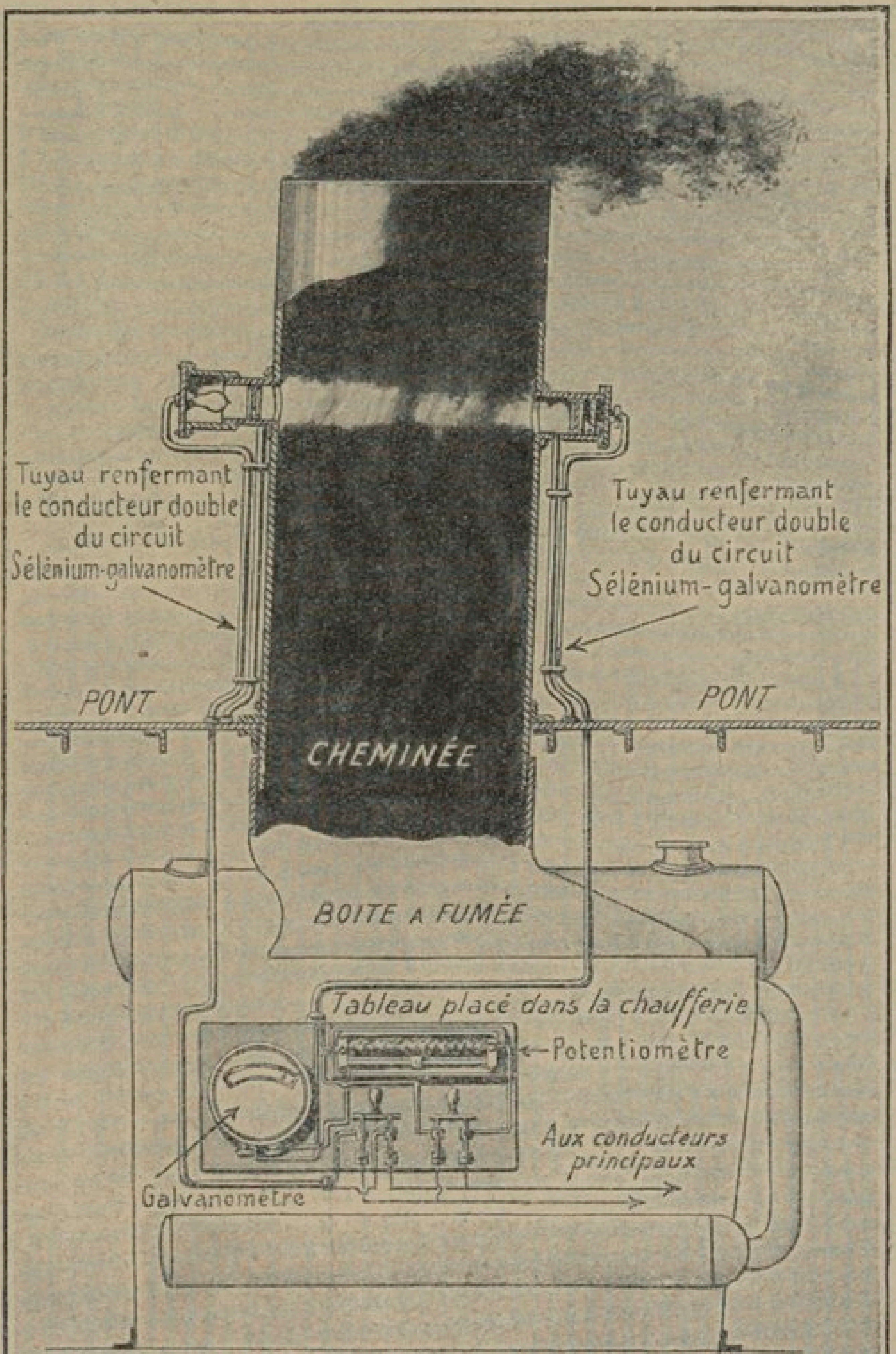
Le débit de fumée des cheminées de navires contrôlé grâce au sélénium.

La grande préoccupation du chef de quart dans les chaufferies d'un navire est de connaître le volume et la densité de la fumée qui sort des cheminées. Si les chauffeurs ont, par négligence, laissé tomber les feux trop bas, il leur faut introduire dans les foyers de grosses quantités de charbon à la fois, d'où production intense de fumée : les escarbilles pleuvent dru sur le pont, ce qui n'est pas un petit inconvénient. D'autre part, en service normal, s'il sort beaucoup de fumée des cheminées, c'est que le tirage ne se fait pas bien ou est insuffisant. Malheureusement, ce n'est pas des chaufferies d'un bâtiment que l'on peut observer la fumée et cela est particulièrement regrettable en face de la nécessité actuelle pour les navires de guerre de pouvoir émettre instantanément des nuages de fumée lorsqu'ils jugent à propos de se dérober aux regards de l'adversaire.

Le problème est en lui-même assez important pour que la marine des Etats-Unis ait cherché à le résoudre. Si nous en jugeons par les renseignements qui suivent et qu'a bien voulu nous communiquer notre confrère le *Scientific American*, elle y est parvenue d'une manière satisfaisante bien que susceptible d'être ultérieurement perfectionnée, comme toutes choses, d'ailleurs.

La solution adoptée et réalisée par un dispositif installé pour essais sur le vapeur américain *Conyngham* a fait l'objet d'un rapport lu récemment par le contre-amiral R.-T. Hall, de la Marine américaine, au cours d'une réunion de la Société des Architectes et Ingénieurs navals.

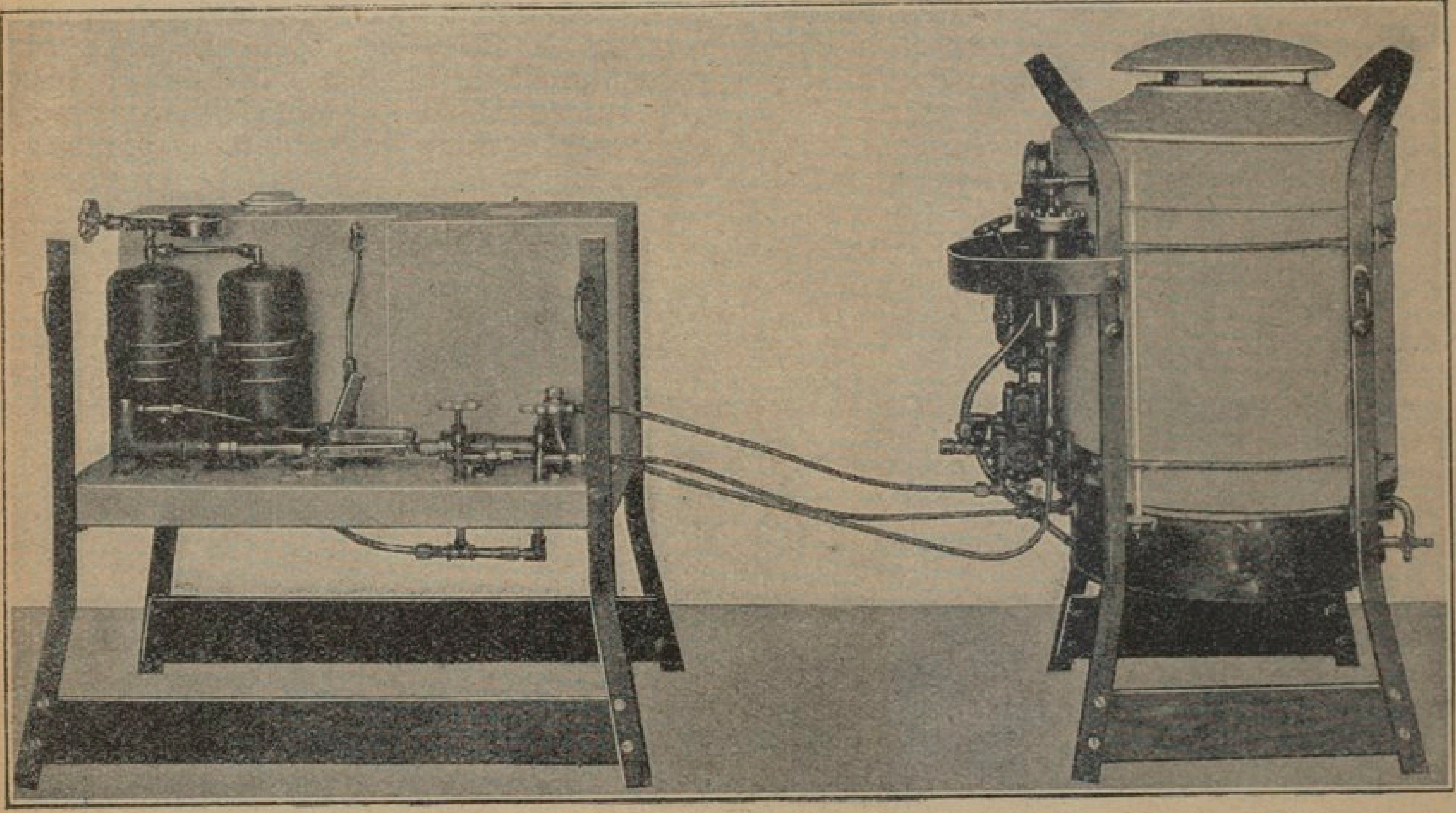
En étudiant la partie supérieure du dessin reproduit ici, on notera que, de chaque côté de la cheminée est fixée une boite en fonte. L'une renferme une lampe électrique et une lentille. La lumière de la lampe est projetée horizontalement à travers la cheminée et, par conséquent, à travers la fumée ; elle traverse deux plaques de verre et tombe sur plusieurs tours de fil de sélénium séparés par une bande isolante. Ce fil est parcouru par un courant électrique au moyen d'une dé-



LE FONCTIONNEMENT DU DISPOSITIF INDICATEUR EST BASÉ SUR LES VARIATIONS D'ÉCLAIREMENT AUXQUELLES EST SOUMISE UNE CELLULE DE SÉLÉNIUM

rivation prise sur le circuit de lumière du navire. Le sélénium, comme nous avons eu plusieurs fois l'occasion de le dire ici, a la curieuse propriété de changer de résistance électrique suivant l'intensité lumineuse à laquelle il est exposé, sa résistance étant normalement faible aux grandes intensités d'éclairement et d'autant plus élevée que ces intensités décroissent. Il est évident que lorsque la cheminée est pleine de fumée, noire et dense, la quantité de lumière qui peut traverser la largeur de la cheminée et influencer le sélénium est petite ; dans ce cas, l'intensité du courant diminue. Dans le circuit du fil de sélénium est intercalé un galvanomètre dont l'échelle porte des divisions correspondant à quatre états différents d'éclairage ou de non éclairage : noir, demi-noir, demi-clair, clair ; ce galvanomètre étant monté sur un tableau dans la chaufferie et de manière à ce que ses indications puissent être lues aisément dans la salle de chauffe, le chef de quart peut juger d'un coup d'œil de l'effet de la conduite des foyers. Au moyen du potentiomètre monté sur le même tableau que l'appareil indicateur et les interrupteurs, le voltage du courant traversant le galvanomètre et la bobine de sélénium peut être maintenu constant. (Voir la figure de la première page).

Mais, pourrait-on se demander, la suie qui s'accumule sur les parois intérieures de la cheminée ne peut-elle troubler l'exactitude des indications de l'instrument? Non, car l'auteur de ce système a prévu le cas et y a paré en faisant circuler dans les boîtes de fonte un courant d'air comprimé, amené par des tuyaux, qui empêche la suie de se déposer à l'endroit de la lampe et de la cellule sensible. Par ailleurs, la plaque de verre placée devant la lentille et celle qui protège la cellule de sélénium peuvent être facilement déplacées pour être nettoyées lorsque la nécessité s'en fait sentir.



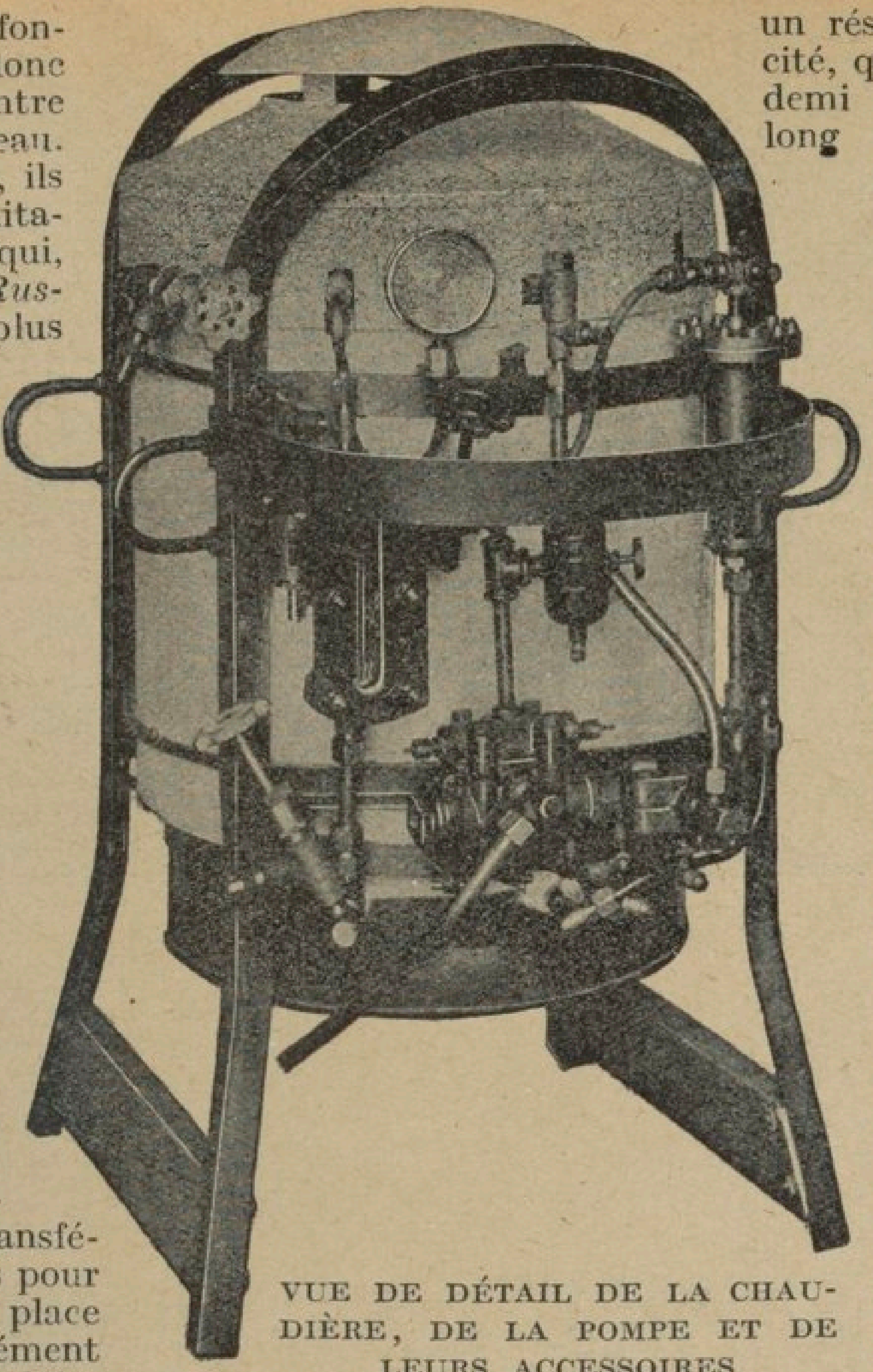
VUE D'ENSEMBLE D'UNE INSTALLATION PERFECTIONNÉE UTILISÉE A L'ARMÉE BRITANNIQUE POUR ÉPUISER L'EAU DES TRANCHÉES

L'installation consiste en deux groupes d'appareils comprenant principalement, sur le châssis de droite, une chaudière chauffée au pétrole et la pompe d'épuisement, avec leurs différents accessoires, et sur le châssis de gauche, les réservoirs d'eau et de combustible ainsi que des bouteilles contenant l'air comprimé utilisé pour accélérer le chauffage et, par conséquent, la mise sous pression,

Une intéressante installation pour l'assèchement des tranchées.

Nos alliés britanniques occupent, on le sait, le secteur particulièrement ingrat de l'Yser, qu'ils défendent avec une vaillance digne de celle à jamais mémorable de notre brigade de fusiliers marins. Depuis le jour où, un contre cent, les « demoiselles au pompon rouge » se virent contraints d'opposer à la poussée de l'envahisseur un obstacle naturel qui pût compenser leur faiblesse numérique et l'absence d'artillerie, ce secteur est inondé ; d'ailleurs, véritable cuvette en contre-bas du niveau de la mer, le terrain n'est qu'une vaste éponge où les ouvrages de défense ne peuvent être édifiés qu'en relief, à l'exception des parties surélevées avoisinant les canaux et où peuvent être creusées

des tranchées peu profondes. Nos amis ont donc à lutter à la fois contre l'Allemand et contre l'eau. De ces deux ennemis, ils pourraient dire, à l'imitation de Victor Hugo qui, dans sa *Retraite de Russie*, dépeint le froid plus redoutable que le Russe pour les troupes de Napoléon, que le second leur est plus cruel. Aux moyens de fortune mis en œuvre, sinon pour assécher, du moins pour s'opposer à l'inondation complète de leurs défenses et de leurs tranchées des dunes, les Anglais ont progressivement substitué des installations modernes d'épuisement. Mais, là encore, les conditions particulières de service du matériel ont conduit à créer des groupes motopompes spéciaux, légers, pour être facilement portés et transférés, peu encombrants pour ne pas exiger trop de place et pouvoir être aisément dissimulés, enfin, évidemment, doués du plus haut rendement possible. Les plus récentes et les mieux étudiées de ces installations consistent chacune en un appareil évaporatoire (une chaudière de 355 millimètres de diamètre) muni des accessoires ordinaires : manomètre de pression, soupape de sûreté, soupape automatique de réglage de l'admission du combustible (combustible liquide), petite pompe d'alimentation à main refoulant dans la chaudière l'eau contenue dans un réservoir de 19 litres de capacité, et brûleur - injecteur spécial pour la chauffe au pétrole. Comme il ne faudrait pas qu'on ait à se préoccuper, au moment d'allumer les feux, de ravitailler le foyer en combustible, pas plus, d'ailleurs, que la chaudière en eau, le pétrole (pour des raisons évidentes, on ne pouvait songer à utiliser une chaudière brûlant du charbon) est également emmagasiné dans un réservoir dont la capacité, qui est de 11 litres et demi environ, suffit à un long fonctionnement. La pompe proprement dite est du type dit « Pulsomètre ».



VUE DE DÉTAIL DE LA CHAUDIÈRE, DE LA POMPE ET DE LEURS ACCESSOIRES

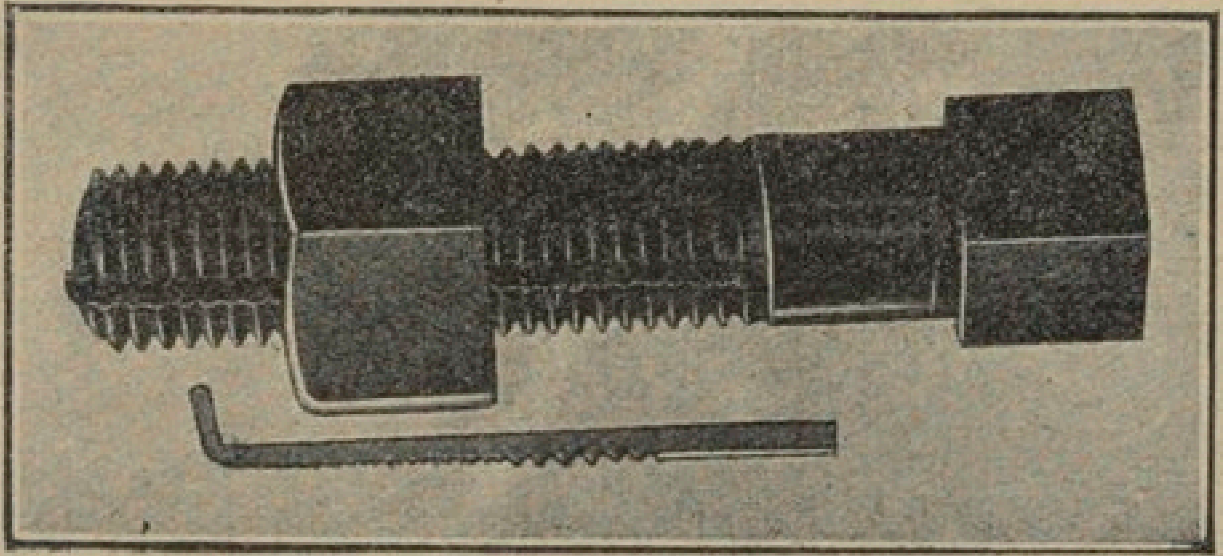
Deux bouteilles d'air comprimé, visibles sur le bâti de gauche dans la photographie d'ensemble, envoient de l'air sous pression dans le brûleur pour activer la combustion du pétrole. Ainsi la chaudière est très rapidement sous pression.

Les appareils constituant l'installation sont suffisamment légers pour que, montés chacun ou groupés sur un châssis approprié, on puisse les transporter à bras d'hommes. C'est certainement là un grand avantage, celui d'ailleurs qu'il était le plus indispensable de réaliser. Des poignées fixées aux montants des châssis facilitent le déplacement de chaque unité.

Le corps expéditionnaire britannique dispose maintenant d'un grand nombre de ces motopompes.

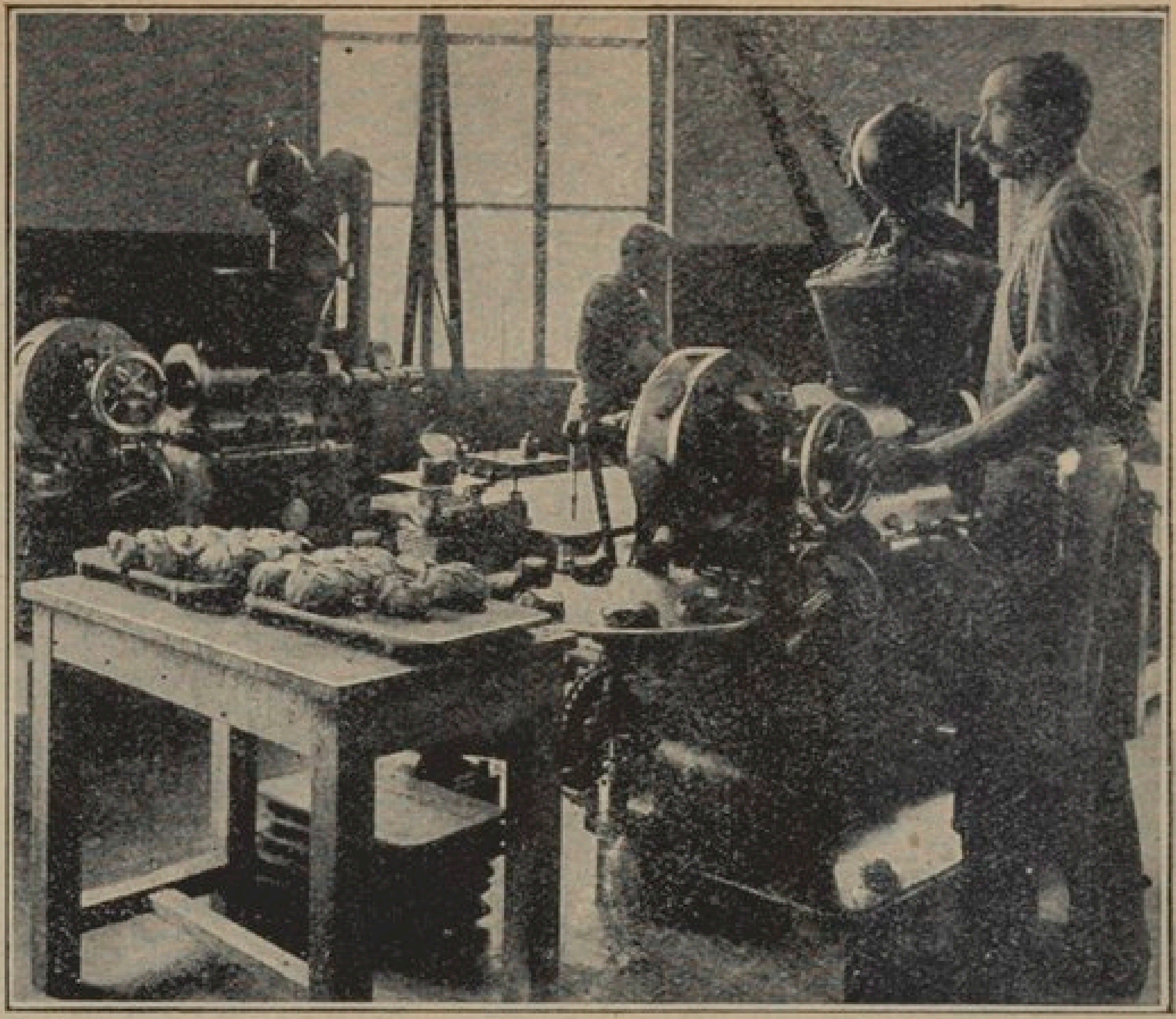
Le serrage forcé des boulons

L'ACTIVITÉ et la fécondité du petit inventeur s'exercent depuis longtemps sur ce problème et les solutions heureuses ne manquent pas. Peu d'entre elles cependant sont aussi ingénieuses et simples que celle que nous illustrons ici. Elle consiste, d'une part, à creuser un sillon sur toute la longueur de la partie filetée, et, d'autre part, à fabriquer une sorte de clef en un métal malléable, laiton, cuivre rouge, aluminium, etc... épousant la forme du sillon. Bien entendu cette clef n'est pas entaillée, de sorte qu'on rencontre une forte résistance à visser l'écrou ; mais, précisément, c'est cette résistance qui s'oppose ensuite au desserrage et qui, pour



LE BOULON, L'ÉCROU ET LA CLEF DE SERRAGE

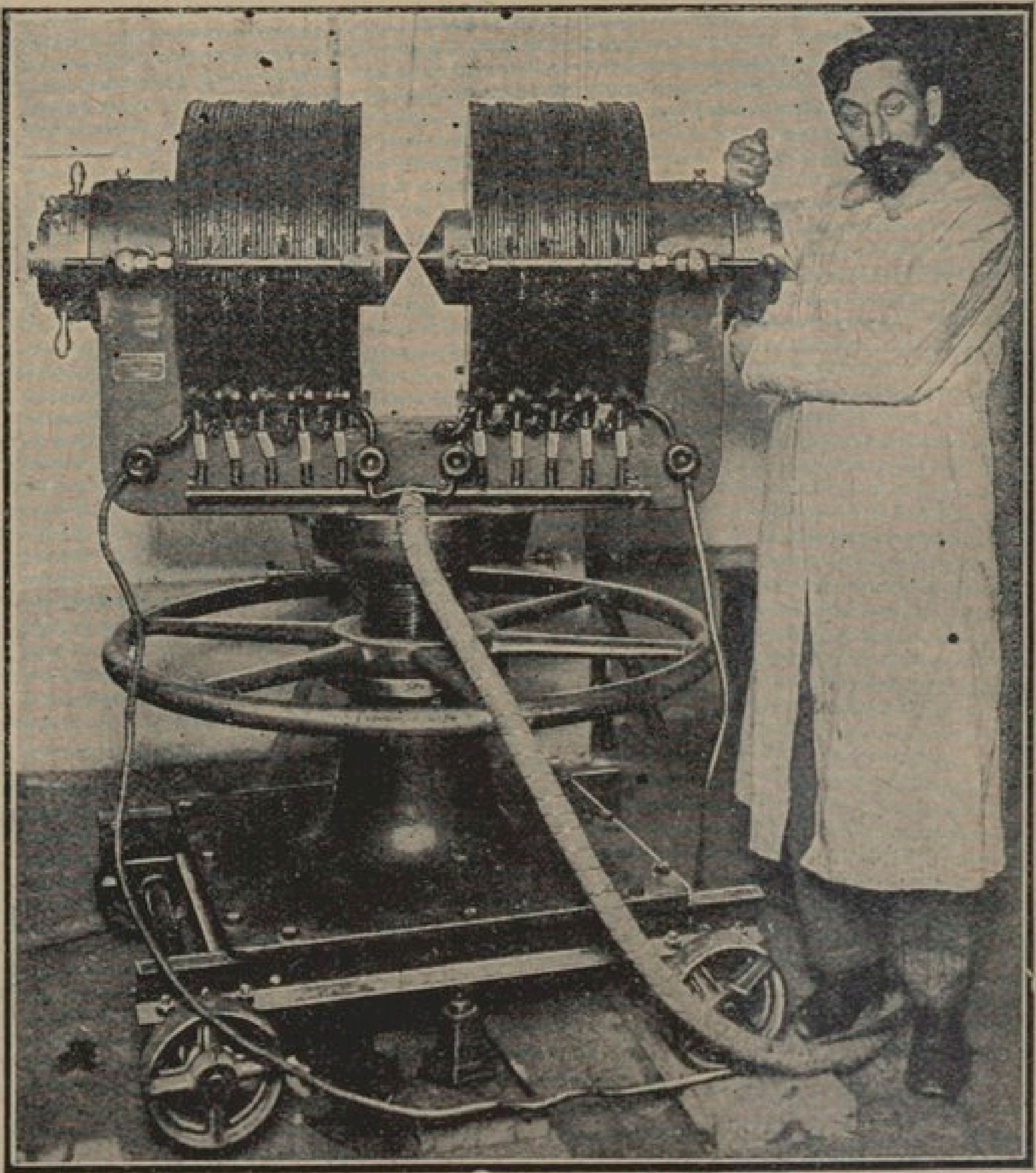
être vaincue, nécessite l'application d'une force considérable. En somme, l'écrou est pour ainsi dire claveté sur le boulon. Inutile d'ajouter que si l'on a eu à le dévisser deux ou trois fois, la résistance est beaucoup diminuée, puisque les dents de la clef sont devenues plus larges et plus nettes. Mais alors pour raffermir la tenue de l'écrou, il suffit de remplacer la clef. Il est évident que cet accessoire peut être fabriqué à peu de frais et être fourni en quantité suffisante avec chaque modèle de boulon ainsi modifié. L'emploi du petit appareil que nous venons de décrire est particulièrement recommandé dans l'industrie automobile.



LES BOUDINEUSES-PESEUSES EN ACTION

Pour peser automatiquement le chocolat.

Lorsque le chocolat est complètement réduit en poudre, on le met pendant quarante-huit heures dans une étuve chauffée à 78°, puis on lui fait subir le boudinage, opération ayant pour but d'extraire l'air introduit dans la masse du chocolat pendant le broyage. Les nouvelles machines boudineuses-peseuses, inventées par Lehmann, reçoivent la pâte de chocolat et la rendent découpée et divisée en morceaux de 80 à 250 grammes, suivant les besoins. Les morceaux pesés par le disque tournant, qui porte des alvéoles réglables, tombent sur un plateau se déplaçant horizontalement ; l'ouvrier qui surveille la machine n'a plus qu'à les prendre. Au moyen d'une balance disposée à côté de lui, il vérifie, de temps à autre, le poids des morceaux. En faisant varier la vitesse du disque-revolver, on approprie le mouvement de la machine à la consistance du chocolat. Avec une précision et une rapidité remarquables, qu'il serait impossible d'obtenir à la main, une boudineuse Lehmann pèse de 20 à 25.000 tablettes par jour.



L'ÉLECTRO-AIMANT DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE

Les morceaux de chocolat, pesés et placés sur des petits plateaux, sont ensuite mis dans des moules reposant sur des machines spéciales dites « tapoteuses » qui leur impriment des secousses rapides. Celles-ci obligent la pâte à s'étendre et à prendre la forme et les empreintes des moules qui la contiennent. Les tablettes moulées passent alors au refroidissoir et, de là, au pliage, puis enfin à l'empaquetage.

Le plus puissant électro-aimant du monde

L'ÉLECTRO-AIMANT que le professeur Jean Becquerel a installé il y a quelque temps, à l'Ecole polytechnique de Paris, est, actuellement, le plus puissant du monde. Construit d'après les indications de M. P. Weiss, professeur au Polytechnicum de Zurich, il pèse environ 1.600 kilogrammes, et, avec une puissance électrique de 25 chevaux, un champ magnétique de 50.000 gauss se maintient entre ses deux pôles.

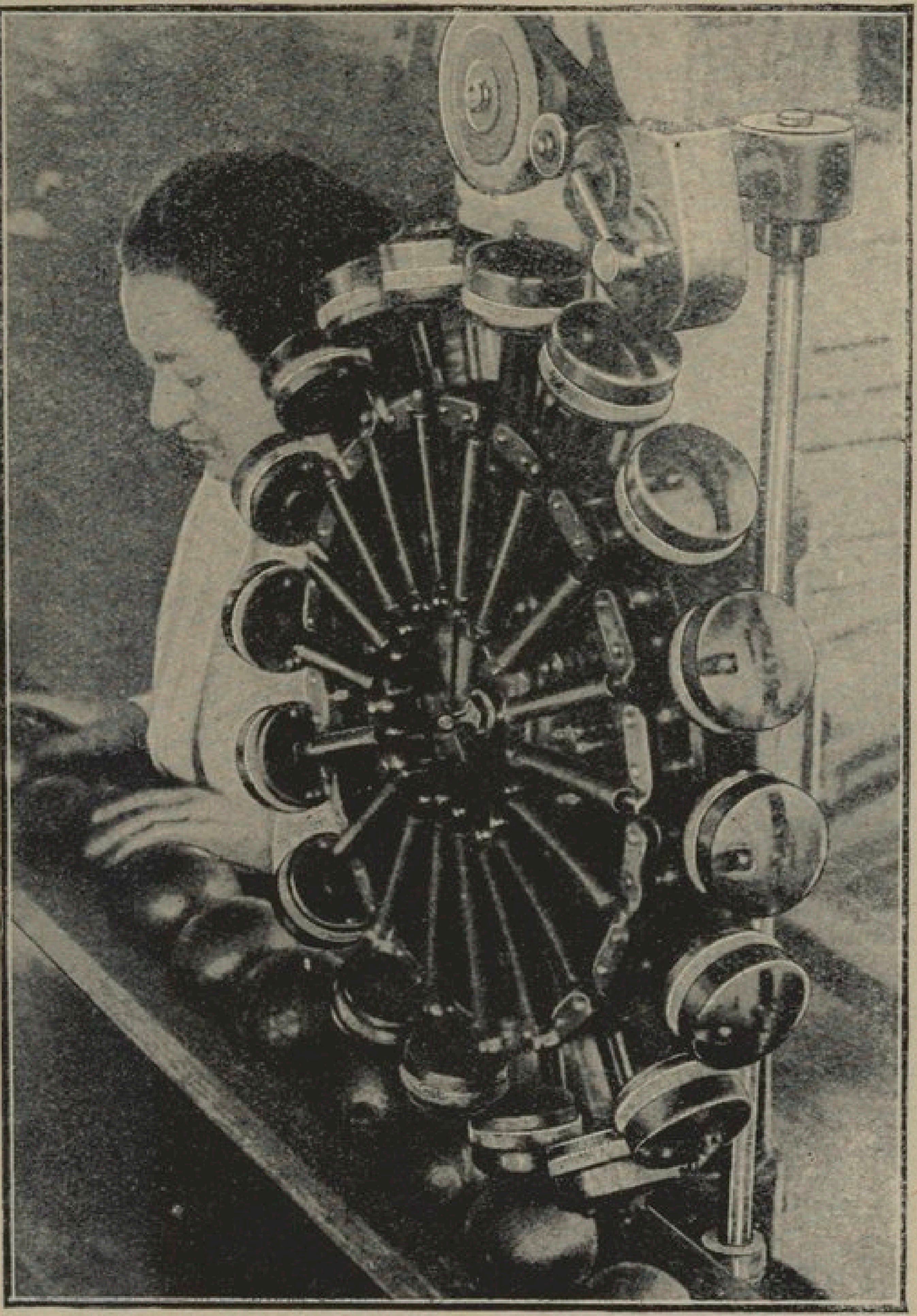
Afin de pouvoir y faire passer un courant électrique très intense sans les échauffer trop vite, au lieu d'employer des fils conducteurs ordinaires pour former ses bobines, on les a constituées au moyen d'un enroulement de tubes de cuivre refroidis par une circulation d'eau durant le cours des expériences. Chaque bobine contient 1.000 tours de tubes et se divise en dix sections, installées en dérivation pour le flux liquide, de manière à laisser passer la quantité nécessaire à la réfrigération, et en série pour le courant électrique. Dans chacune des sections, l'eau arrive au centre de la bobine et sort par la périphérie. De cette manière, le noyau de fer de l'électro-aimant ne s'échauffe pas.

D'autre part, pour obtenir un circuit magnétique fortement aimanté, on a mis à profit dans le nouvel appareil les propriétés de l'alliage ferro-cobalt, lequel possède une aimantation à saturation de 10 % supérieure à celle du fer. Toutefois, comme l'industrie ne peut pas fournir encore des masses de ferro-cobalt de cette dimension, on a dû se contenter de munir les pièces polaires de noyaux en ferro-cobalt suffisants pour augmenter de 5 % environ l'aimantation que l'on réaliserait avec des pièces polaires, de formes semblables, mais complètement en fer de Suède. Comme l'indique le calcul des physiciens, ce gain, minime en apparence, correspond à un accroissement de puissance dépensée quatre fois plus faible qu'avec des pôles de fer ordinaire.

Avec ce nouvel électro-aimant, monté sur un chariot de façon à pouvoir s'orienter aisément et qu'on transportera prochainement au Muséum d'Histoire naturelle, M. Becquerel compte pousser plus loin l'étude si passionnante des phénomènes magnéto-optiques, étendre nos connaissances sur les mouvements des électrons, ces constituants universels de la matière.

Le timbrage des oranges.

LA fraude et la contrefaçon s'exercent partout dans le monde et s'attaquent à toutes les catégories de produits naturels et manufacturés. Les garanties dont s'entourent les maisons soucieuses de leur propre réputation comme du bon renom de leurs produits et de l'intérêt de l'acheteur, sont presque toujours insuffisantes. C'est ainsi que, récemment, une association de producteurs d'oranges de Californie, qui avait pensé déjouer les fraudeurs en enveloppant chaque fruit dans un papier spécial portant l'en-tête de l'association et en expédiant ses oranges dans des boîtes également revêtues de marques d'origine, s'est vue contrainte de marquer le fruit lui-même d'une façon indélébile. L'appareil utilisé à cette fin est particu-



CET APPAREIL TIMBRE 360 ORANGES PAR MINUTE

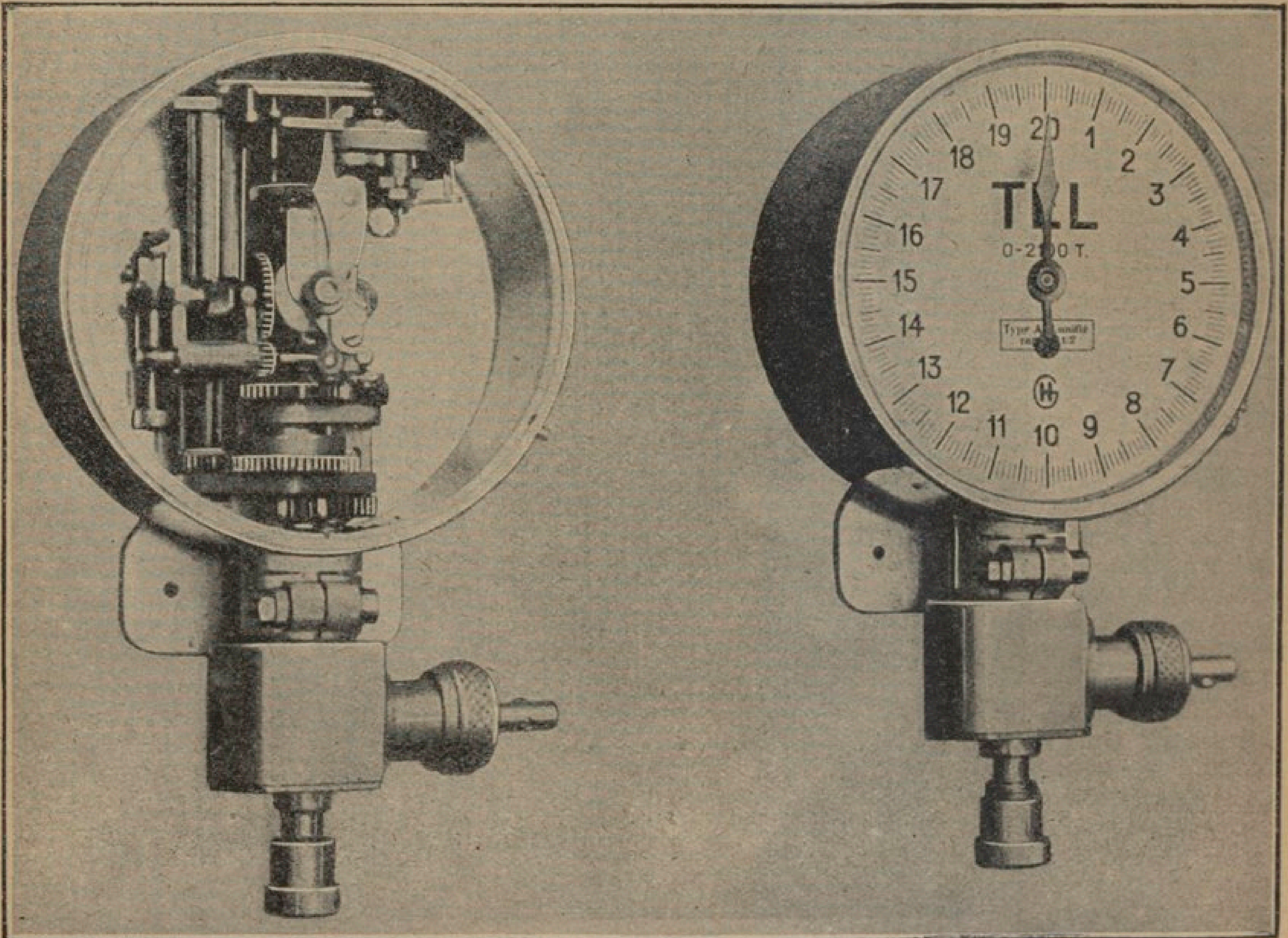
lièrement ingénieux ; il consiste en une roue à dix-huit rayons se terminant chacun, en dehors de la jante, par un fer rond portant un timbre en relief. La roue est placée de manière à tourner au-dessus d'une gouttière dans laquelle se meut une ceinture sans fin portant des coupes métalliques qui reçoivent chacune une orange. La vitesse de translation de la ceinture étant en synchronisme avec la vitesse angulaire de la roue, aucun fruit ne saurait échapper à l'impression du timbre d'origine.

Chaque rayon est fait en deux parties assemblées par un ressort très sensible ; cette construction a pour but de procurer l'élasticité nécessaire pour que la grosseur du fruit n'entrave en quoi que ce soit l'opération du marquage et pour que la peau de l'orange ne soit jamais traversée. Les fers sont chauffés électriquement et leur température est maintenue pratiquement constante au moyen d'un thermostat qui ouvre ou ferme le circuit du courant suivant que la température excède celle qu'il est désirable de maintenir ou, au contraire, lui est inférieure. La roue, en tournant, expose la surface en relief de chaque cachet au frottement d'un ruban constamment imbibé d'encre indélébile, de sorte que la marque apparaît non seulement par le contraste des parties creuses et en relief, mais aussi par celui de la couleur de l'encre avec celle de la pelure du fruit.

A raison de vingt tours par minute, l'appareil timbre 360 oranges ; dans le même temps, plus de 200.000 par jour s'il est désiré.

Le tachymètre « Tel ».

Les services automobiles publics et ces propriétaires de voitures de tourisme emploient pour contrôler la vitesse des moteurs le tachymètre « Tel », à essence, qui a, sur beaucoup d'appareils similaires, l'avantage d'être basé sur la mesure mécanique et directe du chemin parcouru dans l'unité de temps. Cet appareil comporte deux arbres dont les nombres de tours sont fonction du temps pour l'un, et du chemin parcouru pendant une seconde pour l'autre. Sur ces arbres, sont disposés en cascade trois systèmes de mouvements, semblables entre eux ; les trois embrayages se succèdent donc à des intervalles très courts, de seconde en seconde, et l'aiguille, commandée par le premier équipage, puis abandonnée par lui une seconde après, ne revient pas au zéro ; elle retombe alors sur le deuxième équipage qu'elle rencontre en route, et qui a effectué sa mesure avec un retard sur le premier. L'aiguille prend donc la position que lui commande ce deuxième équipage. Pendant cette période de fonctionnement, le troi-



LE TACHYMÈTRE « TEL », VUE INTÉRIEURE ET VUE DU CADRAN INDICATEUR

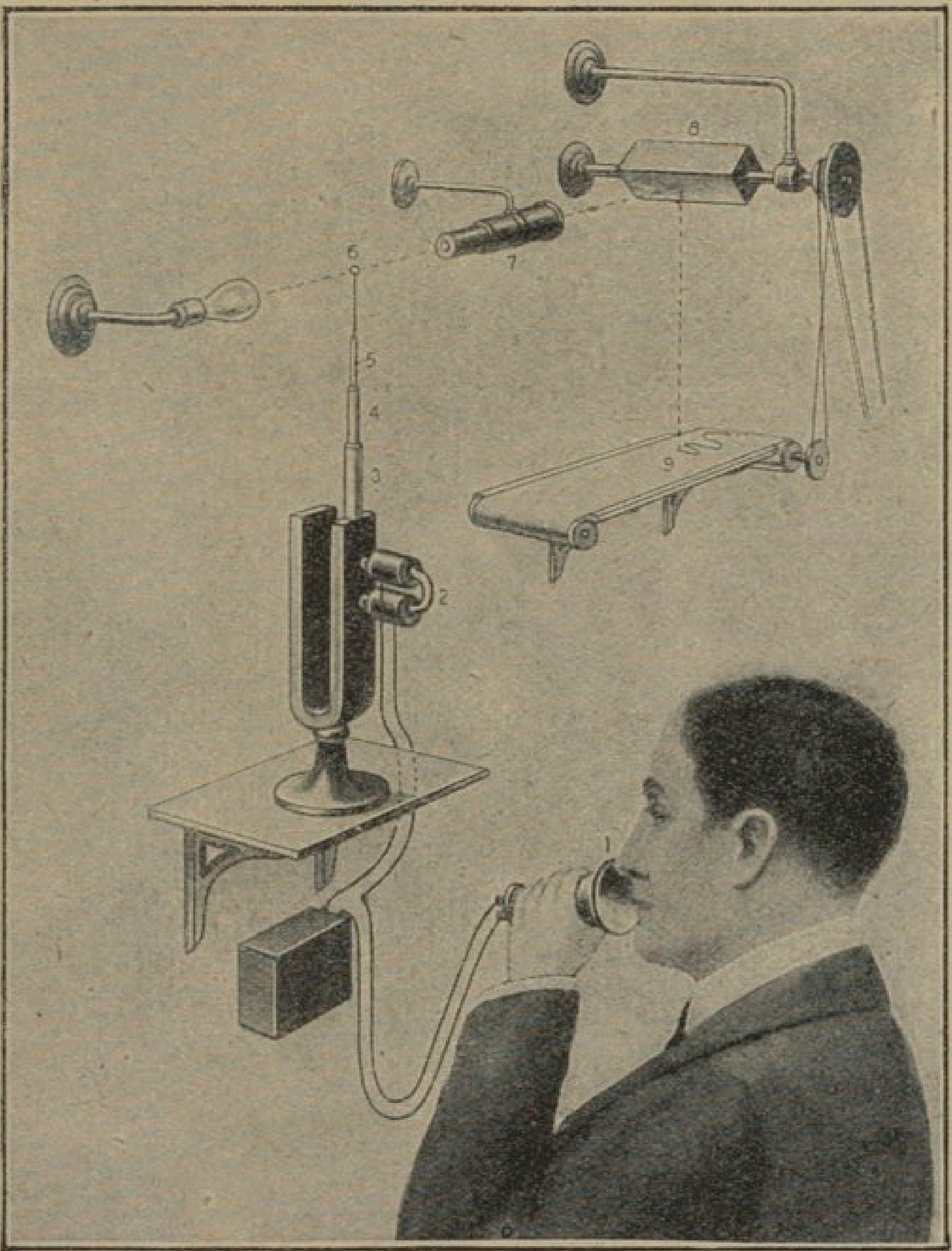
sième équipage est entré en action et dès que le deuxième abandonne l'aiguille, celle-ci retombe sur le troisième, puis c'est le premier qui la reprend, et ainsi de suite. En suivant l'aiguille dans ses mouvements, on voit que, pour une accélération positive, l'aiguille avance toutes les secondes sur le cadran d'un angle plus ou moins grand et rétrograde de même si l'accélération devient négative. Si la vitesse est constante, l'aiguille du cadran ne bouge plus.

Ce tachymètre, dont les indications se renouvellent ainsi à chaque seconde, semble donc présenter les meilleures garanties d'exactitude. Il est établi, d'après les brevets de la Société Hasler, de Berne, dont les compteurs sont depuis longtemps utilisés sur les tramways et sur les locomotives. Construit à Berne par cette société, anciennement Ateliers des Télégraphes, cet indicateur de vitesse est donc d'origine et de construction suisses, contrairement à ce qui avait été dit, par suite d'une confusion de nom, dans le n° 33 de *La Science et la Vie*. D'ailleurs les indicateurs Hasler pour locomotives sont connus depuis longtemps de nos Compagnies de chemins de fer. Les trois premières lettres du mot «télégraphe», *t-e-l*, ont servi à baptiser l'appareil.

Le son photographié par lui-même.

VOICI une expérience de physique très intéressante en ce sens qu'elle met en évidence la forme ondulatoire des ébranlements mécaniques, acoustiques et électromagnétiques de l'air en enregistrant avec une grande fidélité ces vibrations ou ces ondes suivant un tracé correspondant exactement à leur amplitude et à leur durée.

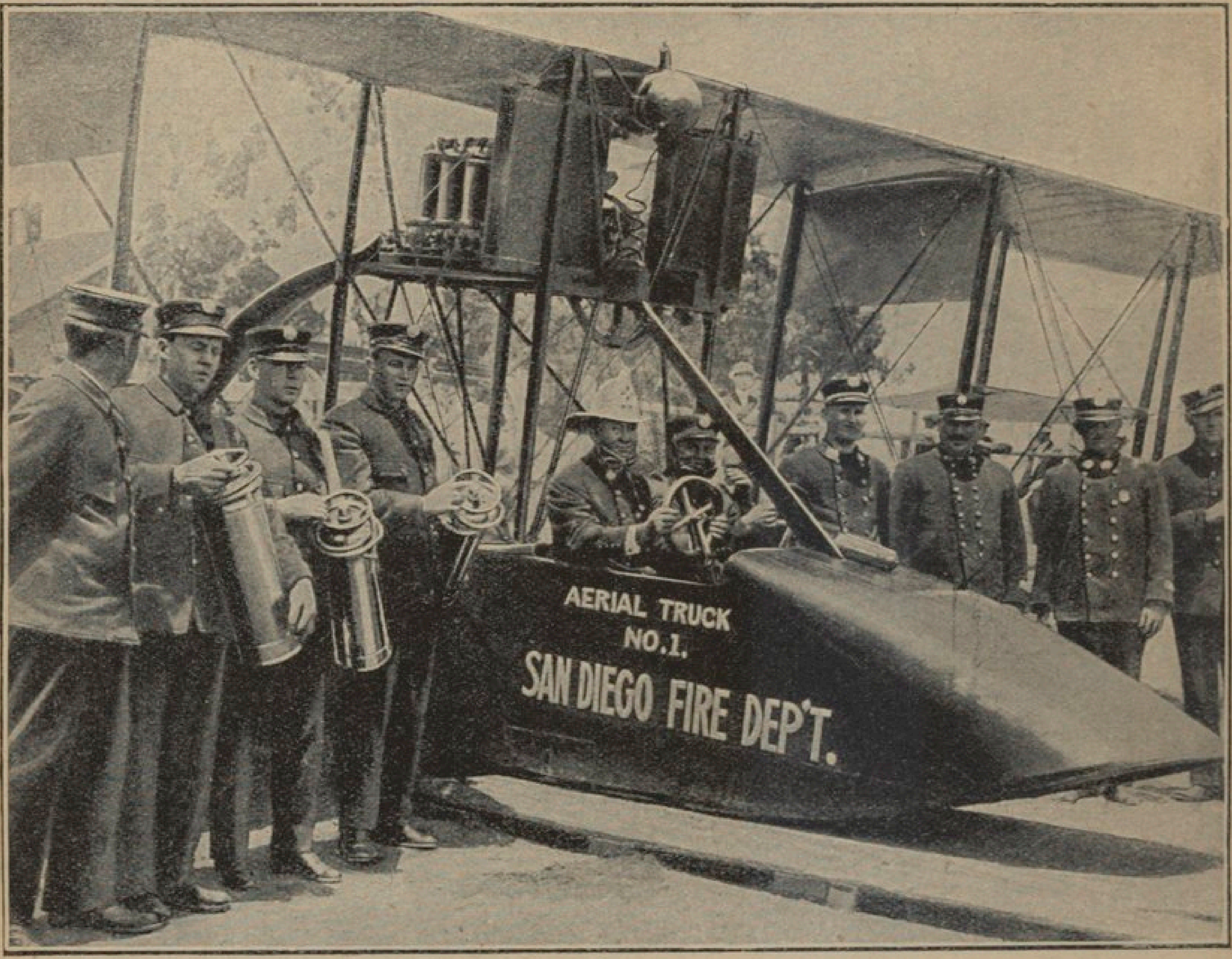
Pour être brefs, référons-nous tout de suite à la gravure qui nous montre en 1 un cornet acoustique devant l'embouchure duquel sont proférés des sons. Ce cornet est relié électriquement, par l'intermédiaire d'une pile, à un microphone actionnant un électro-aimant 2, lequel entretient les vibrations d'un diapason. Ces vibrations sont transmises à des tiges de verre 3,4,5, rendues solidaires d'une branche de l'instrument. La bille 6, également en verre, entre donc aussi en vibration. Emanant de l'ampoule d'une lampe électrique à incandescence, un pinceau de lumière traverse la bille, puis un microscope 7, et tombe sur un miroir prismatique tournant 8, qui réfléchit le pinceau de lumière sur une bande de papier sensible 9, se déroulant à vitesse constante.



DISPOSITIF POUR ENREGISTRER LES ONDES SONORES

La caractéristique la plus intéressante de ce dispositif consiste dans les tiges de verre de diamètres différents et allant en diminuant du diapason à la bille terminale. En réfléchissant un peu, on ne tarde pas à comprendre l'utilité de cet agencement : d'abord, il était nécessaire de prolonger une branche de l'instrument pour accuser les vibrations de la bille de verre ; mais on aurait pu arriver à ce résultat en employant une tige unique ; pourquoi donc trois tiges ? Nous allons le voir. Le diapason normal qui donne le *la* émet environ 870 vibrations par seconde ; comme il serait pratiquement impossible de photographier toutes ces vibrations dans leur temps en les séparant convenablement les unes des autres, il faut nécessairement trouver le moyen d'en diminuer le nombre. D'autre part, il est évident qu'il y a avantage à reproduire certaines des harmoniques de la note du diapason. Le dispo-

sitif des trois tiges de diamètres différents satisfait à ces deux desiderata. Chacun des tronçons, considérés isolément, possède, en effet, sa propre période de vibration ; par un réglage convenable de leurs longueurs respectives, on peut donc arriver à faire varier la résultante de ces trois périodes différentes, c'est-à-dire la période propre de l'ensemble et obtenir par ce moyen une diminution considérable de la fréquence des vibrations (on est parvenu à réduire cette fréquence à 50 vibrations par seconde). Par ailleurs, si un ou plusieurs des tronçons, 3, 4, 5 sont respectivement calculés pour vibrer à l'unisson de certaines harmoniques, pour rendre par exemple l'octave et l'octave de la quinte, l'enregistrement de la voix sur le papier sensible ne présentera aucune solution de continuité, le diapason répondant à la fois à la hauteur et au timbre de la voix.



L'HYDROPLANE EXTINCTEUR D'INCENDIES DES POMPIERS DE SAN DIEGO

L'Hydravion utilisé dans la lutte contre les incendies des navires.

Les pompiers de San Diego (Californie) font valoir avec un légitime orgueil qu'ils sont les premiers à avoir fait appel à l'hydroplane pour combattre les incendies des navires. Leur chef avait, à plusieurs reprises, durant ces deux dernières années, inspecté par la voie de l'air les stations placées sous son commandement et c'est ainsi qu'il lui vint l'idée d'ajouter au matériel dont il disposait un hydroplane susceptible de participer à la lutte contre les incendies dans le port et le long du front de mer de la ville et de ses environs. L'installation consiste en une petite pompe actionnée, lorsque l'appareil s'est posé sur l'eau, à proximité du sinistre, par le moteur de propulsion. Il porte en même temps un certain nombre d'extincteurs à gaz et emmène deux pompiers en plus du pilote. L'appareil est un biplan muni d'un moteur de 110 chevaux ; il a fait récemment ses preuves avec un succès complet, et l'on estime qu'en raison de sa supériorité de vitesse sur les pompes automobiles et surtout sur les bateaux-pompes, qui seuls jusqu'ici étaient à même de porter secours aux navires mouillés loin des quais, l'hydroplane devrait être compris dans le matériel de protection contre l'incendie de tous les ports de mer et, au besoin, de lacs ou de rivières. La municipalité de San Diego a décidé de faire l'achat de plusieurs autres appareils dès qu'elle disposera du personnel nécessaire pour les monter.

V. Rubor

BIBLIOTHÈQUE DE LA GUERRE MUSÉE

CHRONOLOGIE DES FAITS DE GUERRE SUR TOUS LES FRONTS

(Nous reprenons cette chronologie aux dates suivant immédiatement celles où nous avons dû l'interrompre dans notre précédent numéro)

FRONT OCCIDENTAL

Août 1917

Le 8. — *Avance française des plus intéressantes au nord de Bixschoote.*

Le 9. — *Divers coups de main heureux des Anglais aux abords de Lens.*

Le 10. — *Avance britannique sur une largeur de 3 kilomètres en Belgique ; nos alliés s'emparent brillamment des hauteurs qui dominent la route d'Ypres à Menin, et de la crête de Westhoek.*

Le 11. — *Les Allemands dirigent sept assauts infructueux contre les positions conquises la veille par les Anglais.*

Le 15. — *Les troupes anglaises enlèvent les défenses nord-ouest de Lens, débordant la route de Lens à Lille.*

Le 16. — *Brillante avance anglo-française au nord de la route d'Ypres à Menin ; nos alliés dépassent Langemarck ; 1.800 prisonniers.*

Le 18. — *L'ennemi cherche à reprendre le terrain perdu au nord-ouest de Lens, et doit reculer, après de lourdes pertes. — Avance française au nord de la route de Bixschoote à Langemarck.*

Le 19. — *Violente lutte d'artillerie sur les deux rives de la Meuse.*

Le 20. — *Devant Verdun, nous enlevons le Mort-Homme, les bois d'Avocourt, des Corbeaux et de Cumières, la côte du Talou, etc. ; nous encerclons la cote 304, et nous faisons plus de 4.000 prisonniers.*

Le 21. — *Au nord de Verdun, nous enlevons Regnéville et Samogneux. — Les Anglais s'emparent de 2.000 mètres de tranchées au nord de Lens.*

Le 22. — *Vaines réactions ennemies au front de Verdun. Le chiffre des prisonniers dépasse 6.000. — A l'est d'Ypres, nos alliés enlèvent une série de fortes positions.*

Le 24. — *Nous reprenons la cote 304 et nous progressons au nord du Mort-Homme.*

Le 26. — *Sur un front de quatre kilomètres, au nord de Verdun, nous enlevons les positions ennemies, sur un kilomètre de profondeur, et nous touchons Beaumont.*

Le 27. — *Nouveau progrès anglais à l'est de Langemarck. Lourdes pertes ennemies.*

Le 31. — *A l'est d'Hargicourt, les Allemands s'emparent d'une petite position anglaise.*

GÉNÉRAL BLISS

Nommé chef d'état-major général de l'armée américaine en remplacement du général Scott.

Septembre

Le 1er. — *Nos troupes, à Hurtebise, enlèvent les défenses ennemies sur un front de 1.500 mètres et sur une profondeur de 300.*

Le 2. — *Vaine contre-attaque des troupes allemandes à Hurtebise.*

Le 3. — *En Champagne, dans la région Souain-Somme-Py, nos soldats pénètrent dans les tranchées ennemies, détruisent les appareils à gaz, font sauter des abris et ramènent des prisonniers. — Progression anglaise dans la région de Saint-Julien.*

Le 8. — *Sur la rive droite de la Meuse, nous enlevons le bois Le Chaume et les hauteurs dominant le bois des Caurières. 800 prisonniers.*

Le 9. — *Quatre attaques allemandes contre nos nouvelles positions sur la rive droite de la Meuse, sont repoussées avec de lourdes pertes. — Au sud-est d'Hargicourt, les Anglais s'emparent de plusieurs positions ennemies.*

Le 11. — *Sur la route de Saint-Hilaire à Saint-Souplet, en Champagne, nous pénétrons jusqu'à la troisième ligne allemande. Nous faisons des prisonniers et ramenons un important matériel.*

Le 13. — *Violente attaque ennemie, repoussée avec de grosses pertes, sur le front anglais de Langemarck.*

Le 14. — *Nous rejetons un contingent allemand, qui avait réussi à pénétrer dans une de nos tranchées du bois des Caurières.*

Le 16. — *Vaine attaque ennemie contre nos positions du bois d'Apremont.*

Le 18. — *Violente action d'artillerie sur la rive droite de la Meuse. — Les Anglais repoussent plusieurs attaques.*

Le 19. — *Lourde attaque allemande, repous-*

sée après un violent combat, à l'ouest de la ferme Froidmont.

Le 20. — *Large attaque britannique à l'est d'Ypres; nos alliés s'emparent de nombreuses positions ennemies, du bois d'Inverness et d'une partie de celui du Polygone. Leurs pertes sont légères ; celles des Allemands sont lourdes.*

Le 21. — *Elargissement du succès anglais à l'est d'Ypres. Plus de 3.000 prisonniers.*

Le 22. — *Echec d'attaques ennemies à Maisons-de-Champagne et à la Main-de-Massiges. — Les furieuses contre-attaques dirigées contre les Anglais auprès d'Ypres sont repoussées. Les pertes ennemies, au cours des trois derniers jours, sont évaluées à 20.000 hommes.*

Le 24. — *Sur la rive droite de la Meuse, l'ennemi attaque largement, au nord du bois Le Chaume ; nous demeurons maîtres du terrain, en infligeant de grosses pertes aux assaillants.*

Le 25. — *Fortes attaques n'aboutissant qu'à des échecs sanglants contre les positions anglaises de la région d'Ypres.*

Le 26. — *Nouvelle avance anglaise. Nos alliés achèvent la conquête du bois du Polygone et enlèvent Zonnebeke d'assaut.*

Le 27. — *Vaines attaques allemandes en Champagne. — Les Anglais repoussent sept puissantes contre-attaques à Ypres.*

Le 28. — *En Argonne, dans les secteurs de Tahure et de la ferme Navarin, trois fortes attaques ennemies sont dispersées par nos feux.*

Le 30. — *Infructueuse attaque allemande à Berry-au-Bac. — Les Anglais repoussent une offensive ennemie dans la région de Lens et progressent légèrement.*

Octobre

Le 1er. — *Entre la route Ypres-Menin, les Allemands lancent infructueusement six grosses attaques contre les positions anglaises.*

Le 2. — *Attaque allemande entre Samogneux et la cote 344, sur la rive droite de la Meuse. L'ennemi ne parvient qu'à occuper un petit élément de défense.*

Le 3. — *Violente attaque contre les Anglais sur la route de Menin. Nos alliés conservent toutes leurs positions.*

Le 4. — *Attaquant à l'est d'Ypres, sur un front de 12 kilomètres, les Anglais atteignent tous leurs objectifs, anéantissent trois divisions et font plus de 4.500 prisonniers.*

Le 5. — *L'action de l'artillerie devient intense sur la rive droite de la Meuse, dans la région de Bezonvaux.*

Le 6. — *Excursions heureuses de nos troupes dans les lignes allemandes, aux abords de Regnéville.*

Le 7. — *Pertes sensibles de l'ennemi, en Champagne, dans une attaque contre nos tranchées de la ferme Navarin. — Echec d'une attaque allemande contre les positions anglaises du bois du Polygone.*

Le 8. — *Activité de l'artillerie anglo-française en Belgique.*

Le 9. — *Les Franco-Anglais, en liaison, attaquent sur un front de 15 kilomètres, dans les Flandres et, sur une profondeur de 2 kilomètres ; ils enlèvent toutes les positions allemandes et font de nombreux prisonniers.*

FRONT ITALIEN

Août 1917

Le 9. — *On signale une grande activité sur toute l'étendue du front et une action considérable de l'infanterie.*

Le 10. — *Intense bombardement de la gare de Tolmino et des voies adjacentes par les Italiens.*

Le 19. — *Après vingt-quatre heures de bombardement, les Italiens attaquent sur un front de 60 kilomètres, dans les Alpes Juliennes, traversent l'Isonzo, bousculent les Autrichiens, et font près de 8.000 prisonniers.*

Le 20. — *La victoire italienne s'accentue ; la ligne autrichienne fléchit sur le Carso, et nos alliés s'emparent d'importantes positions. Le nombre des prisonniers dépasse 10.000.*

Le 21. — *Nouvelle progression italienne ; 3.000 prisonniers de plus ; prise d'un immense butin et de 30 canons.*

Le 22. — *Poursuivant leur avance au cours de la quatrième journée, nos alliés, culbutant partout l'adversaire, malgré sa résistance acharnée, portent à plus de 16.000 le nombre des prisonniers.*

Le 23. — *Les Italiens enlèvent de nouvelles positions ; le chiffre des prisonniers dépasse 20.000 ; les canons conquis sont au nombre de 60.*

Le 24. — *Nos alliés s'emparent de la puissante position du Monte Santo.*

Le 25. — *La bataille du Carso se ralentit. Presque tout le plateau de Bainsizza est aux mains des Italiens. Il y a plus de 23.000 prisonniers. Le chiffre des canons pris s'élève à 75, plus une grande quantité de bombardes et de mitrailleuses.*

Le 26. — *Les Autrichiens accentuent leur résistance, sans parvenir à empêcher les Italiens de gagner du terrain.*

Le 30. — *Nos alliés progressent sur les pentes nord du mont San Gabriele.*

Le 31. — *Au San Gabriele, dont la possession est extrêmement importante, la lutte se poursuit avec fureur de part et d'autre.*

Septembre

Le 3. — *On annonce que les Italiens se sont emparés du San Gabriele, y faisant un millier de prisonniers.*

Le 9. — *A l'ouest du lac de Garde, l'ennemi s'empare d'une position italienne d'où il est bientôt chassé.*

Le 10. — *Le communiqué italien donne les résultats de la bataille du Carso ; près de*

30.000 prisonniers, 145 canons, 322 mitrailleuses, 12.000 fusils.

Le 12. — *Dans une attaque furieuse, l'ennemi tente de déloger nos alliés du San Gabriele ; il est repoussé avec de lourdes pertes.*

Le 18. — *Attaque autrichienne vigoureusement repoussée au plateau de Bainsizza.*

Le 20. — *Insuccès sanglant d'une attaque ennemie, au sommet de la vallée de Genova.*

Le 28. — *Succès des Italiens au plateau de Bainsizza, où ils s'emparent de positions ennemies et font près de 2.000 prisonniers.*

Le 30. — *Echec sanglant des Autrichiens voulant reprendre les positions perdues au Bainsizza. Leurs pertes sont importantes.*

Octobre

Le 1er. — *Diverses attaques autrichiennes échouent sur le plateau de Bainsizza.*

Le 2. — *Les Autrichiens se font décimer dans une offensive partielle au San Gabriele.*

Le 6. — *Attaque autrichienne victorieusement repoussée dans la région de Costabella.*

Le 7. — *Nouvelle et violente offensive ennemie à Costabella, contenue par l'infanterie, dispersée totalement par l'artillerie.*

FRONT ORIENTAL

Août 1917

Le 6. — *Sur le front roumain, la résistance de nos alliés s'accentue ; l'effort ennemi paraît contenu.*

Le 7. — *Sur la Putna et le Sereth, les Russo-Roumains brisent les attaques furieuses de l'adversaire.*

Le 11. — *Dans une contre-attaque, les Russo-Roumains battent les Allemands et font 1.200 prisonniers dans la région de Marahesti.*

Le 16. — *Furieuses attaques ennemies repoussées par les Roumains dans la région d'Ocna.*

Le 21. — *Attaques allemandes à l'ouest de Riga.*

Le 22. — *Recul des troupes russes dans la région de Riga. — L'offensive ennemie est arrêtée au front roumain.*

Le 26. — *Les Russes reculent à l'est de Czernowitz.*

Le 28. — *Dans la région de Focsani, des divisions russes indisciplinées abandonnent leurs positions sans combattre.*

Septembre

Le 1er. — *Les Allemands attaquent, avec de grandes forces, les positions roumaines de la région de Focsani et sont repoussés en subissant de lourdes pertes.*

Le 2. — *Dans le secteur de Riga, des régiments russes refusent le combat ; le secteur est évacué.*

Le 3. — *Les Allemands occupent Riga.*

Le 4. — *Les Allemands dessinent un mouvement tournant contre Dwinsk.*

Le 5. — *La retraite russe se poursuit précipitamment au nord et à l'est de Riga.*

Le 10. — *Les Russes se sont ressaisis et commencent à résister dans la région de Riga ; ils contraignent les Allemands à reculer.*

Le 12. — *Les Allemands arrêtent leur offensive sur le front roumain et établissent des tranchées. — Les Russes continuent à refouler l'ennemi à l'est de Riga.*

Le 17. — *Dans la vallée de la Susita, les Roumains s'emparent de plusieurs positions allemandes.*

Le 19. — *Dans la région de Lembourg, front de Riga, une offensive ennemie est repoussée avec de grandes pertes par les régiments lettons.*

Le 21. — *Les Russes, après un vif combat, abandonnent Jacobstadt.*

Le 22. — *Les Allemands sont contenus par nos alliés dans la région de Jacobstadt et subissent plusieurs échecs dans celle de Riga.*

Le 23. — *Les Russes délogent l'ennemi de plusieurs positions sur le front de Riga.*

Le 30. — *Dans la direction de Riga, les Russes chassent les Allemands de leurs positions avancées et font des prisonniers.*

Octobre

Le 1er. — *Les Allemands préparent une large offensive dans la direction de Dwinsk.*

Le 2. — *Recul de l'ennemi au front roumain, dans la région de Poliana.*

Le 4. — *Attaque massive des Allemands contre les Roumains, dans la région de Radzouz. Cette offensive est arrêtée par l'artillerie de nos vaillants alliés.*

Le 6. — *Action brillante des Roumains, au nord-ouest de Sereth ; nos alliés, au cours d'une incursion dans les lignes ennemies, font près d'un millier de prisonniers.*

FRONT DES BALKANS

Août 1917

Le 7. — *Dans la région du lac Presba, l'ennemi attaque les tranchées françaises, est repoussé et abandonne des prisonniers.*

Le 8. — *Les positions franco-helléniques de la région d'Huma sont violemment attaquées ; l'ennemi est repoussé avec de grosses pertes.*

Le 10. — *Lourdes attaques bulgares repoussées aux abords du lac de Doiran.*

Le 18. — *Violente lutte d'artillerie dans la boucle de la Cerna et au nord de Monastir.*

Septembre

Le 4. — *Les Bulgares, dans la région du lac Prespa, occupent quelques éléments avancés des tranchées russes.*

Le 8. — *A l'ouest du lac Malik, des détachements français franchissent le Devoli.*

Le 9. — *Nos troupes occupent un certain nombre de villages, au delà du Devoli.*

Le 11. — *Poursuivant leur avance, nos soldats enlèvent les positions fortifiées de Pogradec, sur la rive sud-ouest du lac Okrida. Elles font quelques prisonniers.*

Le 12. — *Les Français occupent Mumulista, infligeant aux Bulgares des pertes extrêmement sensibles.*
Le 18. — *Un détachement français s'empare de diverses hauteurs, dans la région de Mumulista.*
Le 26. — *Tir de destruction sur les ouvrages bulgares, au nord de Monastir.*
Le 30. — *Petites rencontres de patrouilles dans la région du lac Doiran.*

Octobre

Le 1er. — *Activité de l'artillerie dans les régions du Vardar et de Doiran.*
Le 2. — *Les troupes grecques chassent des contingents bulgares au nord de Monastir.*
Le 6. — *Heureux coups de main sur les lignes ennemies, à l'est du lac Doiran.*

MÉSOPOTAMIE

Septembre 1917

Le 23. — *Combat victorieux des Anglais contre les Turcs à Moushaid, dans la direction de Ramadié, à l'ouest de Bagdad.*
Le 29. — *Les Anglais enveloppent les Turcs à Ramadié, s'emparent de nombreux canons, d'un immense matériel, et font plus de 10.000 prisonniers, y compris Ahmed bey, commandant en chef des forces ennemies.*

SUR MER

Août 1917

Le 4. — *Un sous-marin allemand détruit une barque de pêche espagnole, au large de Bilbao.*
Le 12. — *Le contre-torpilleur russe* Lieutenant-Bourakoff, *coule sur une mine.*
Le 16. — *Un contre-torpilleur allemand est attaqué et incendié, dans la baie d'Héligoland, par des patrouilleurs britanniques.*
Le 18. — *Dans la haute Adriatique, un sous-marin autrichien est coulé par un hydravion italien.*
Le 22. — *Bombardement de Zeebrugge par des navires de guerre anglais.*
Le 24. — *Le* Parana, *des Transports maritimes, est coulé par une torpille.*

Septembre

Le 8. — *Dans le golfe de Finlande, les Russes coulent un sous-marin allemand.*
Le 14. — *Le vapeur* Amiral-Kersaint *est coulé par un sous-marin dans les eaux territoriales espagnoles.*
Le 30. — *On signale la présence de la flotte allemande dans le golfe de Finlande.*

Octobre

Le 2. — *L'équipage du voilier* Kléber, *qui se défendit héroïquement contre un sous-marin, est décoré, à Lorient, par le Président de la République. — Le navire de guerre anglais* Drake, *torpillé dans la mer d'Irlande, sombre en arrivant au port.*
Le 6. — *L'Amirauté britannique signale la destruction de quatre sous-marins allemands de grand modèle dans la mer du Nord.*

DANS LES AIRS

Août 1917

Le 10. — *Des aviateurs ennemis bombardent, sans aucun résultat, la région de Nancy.*
Le 11. — *En représailles des bombardements de Nancy, le lieutenant Mézergues et le sous-lieutenant Beaumont bombardent la ville de Francfort-sur-le-Mein.*
Le 12. — *Vingt avions allemands bombardent Margate et Southend. Trente-deux morts, dont treize femmes. Deux des appareils ennemis sont abattus.*
Le 15. — *Quinze avions autrichiens bombardent Venise. Deux morts, dix-sept blessés.*
Le 16. — *Des aviateurs anglais bombardent Ostende et la gare de Thourout.*
Le 20. — *Les avions allemands bombardent les hôpitaux de la région de Verdun. Cinquante morts.*
Le 21. — *Raid de zeppelins et d'avions sur les côtes anglaises. Nombreuses victimes à Douvres et à Ramsgate.*

Septembre

Le 2. — *Le comté de Kent est bombardé par des aviateurs allemands.*
Le 4. — *Les Allemands bombardent Londres ; onze morts et soixante-deux blessés. — Nous bombardons Trèves, en représailles des attaques aériennes contre nos hôpitaux.*
Le 10. — *A Dunkerque, dans un hôpital, quinze femmes sont blessées par des aviateurs ennemis.*
Le 11. — *Disparition de l'aviateur Guynemer.*
Le 24. — *Raid de zeppelins et d'avions sur les comtés de Kent et d'Essex ; quinze tués, soixante-dix blessés. — L'aviateur italien Laureati vole de Turin à Londres, porteur de lettres et de journaux.*
Le 28. — *Bombardement des comtés de Suffolk, Essex et Kent.*
Le 29. — *Des avions allemands bombardent Londres : 11 morts, 82 blessés.*
Le 30. — *Nos aviateurs bombardent Stuttgard. — Nouveau raid contre l'Angleterre ; 9 morts et 42 blessés.*

Octobre

Le 1er. — *Nos aviateurs bombardent Stuttgard, Trèves, Francfort-sur-le-Mein et Coblentz. — Des avions allemands lancent des bombes sur Dunkerque ; graves dégâts et nombreuses victimes. — Quatre groupes d'avions cherchent à atteindre Londres ; quelques appareils y parviennent ; 10 morts et 36 blessés.*
Le 2. — *Deux de nos aviateurs lancent des bombes sur Bade, en représailles du bombardement de Bar-le-Duc.*
Le 3. — *Nous bombardons Francfort et Rastadt.*
Le 4. — *On annonce que l'aviateur allemand Wissemann, le vainqueur du regretté Guynemer, vient d'être tué.*

Le gérant : Lucien Josse. Paris. — Imp. Verdier, 18, rue d'Enghien.

BIBLIOTHÈQUE DE LA …

LE PROCHAIN NUMÉRO DE
" LA SCIENCE ET LA VIE "
PARAITRA EN JANVIER 1918

LECTEURS DE "LA SCIENCE ET LA VIE"
VOUS QUI AIMEZ LES RÉALITÉS

Vous avez peut-être
TOUT LU

Mais vous n'avez
RIEN VU

SI VOUS N'ACHETEZ PAS CHAQUE JOUR

EXCELSIOR

Le seul **ILLUSTRÉ QUOTIDIEN** français

C'EST UN JOURNAL
FAIT POUR VOUS